MultiGeo

MultiGeoRT20LA009

ATUALIZAÇÃO DO ESTUDO AMBIENTAL DO ALTEAMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS – BR COTA 1210 m

COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA

TAPIRA/MG

Mosaic Fertilizantes P&K Ltda.

Março/2021

Mosaic Fertilizantes

APRESENTAÇÃO

Este relatório foi elaborado pela empresa MultiGeo – Mineração, Geologia e Meio Ambiente com o objetivo de apresentar uma atualização do projeto de alteamento da Barragem de Rejeitos BR da cota 1205 m para 1210 m, atualizando o diagnóstico ambiental a partir do novo projeto e reavaliando os potenciais impactos e os programas de mitigação e controle.

A Barragem de Rejeitos BR, localizada na unidade do Complexo de Mineração de Tapira – CMT, de propriedade da Mosaic Fertilizantes, já opera há muitos anos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 OBJETIVOS 1
1.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR 2
1.3 IDENTIFICAÇÃO DA CONSULTORIA 2
1.4 EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO PROJETO 2
2 HISTÓRICO DA BARRAGEM BR 3
3 LEGISLAÇÃO VIGENTE 6
3.1 LEGISLAÇÃO INCIDENTE 6
3.1.1 Legislação Federal 6
3.1.2 Legislação Estadual 9
3.1.3 Legislação Municipal 10
4 JUSTIFICATIVAS DO ALTEAMENTO 12
4.1 PLANO DIRETOR DE GERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DE REJEITOS 12
4.2 JUSTIFICATIVAS TECNOLÓGICAS 14
4.2.1 Características do rejeito 14
4.2.2 Ensaios realizados para disposição dos rejeitos 20
4.3 JUSTIFICATIVAS LOCACIONAIS 29
5 CARACTERIZAÇÃO DO ALTEAMENTO DA BR 34
5.1 PROJETO DE ALTEAMENTO – COTA 1.210 M 37
5.1.1 Parâmetros 37
5.1.2 Etapas de Alteamento 37
5.1.3 Infraestrutura 39
5.1.4 Mobilização de equipe e equipamentos 40
5.2 ESTRUTURAS DA BARRAGEM 40
5.2.1 Parâmetros 40
5.2.2 Aspectos Construtivos 41
5.3 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS 43
5.3.1 Parâmetros 43
5.3.2 Lançamento de Rejeitos 44
5.3.3 Captação de Água 46
5.3.4 Manutenção da Praia de Rejeitos 47
5.3.5 Acessos 47
5.4 SEGURANÇA DA BARRAGEM 48
5.5 MELHORIAS DE PROJETO 49
5.6 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO 56
6 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA E ÁREAS DE INFLUÊNCIA 61
6.1 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA 61

6.2 ÁREAS DE INFLUÊNCIA – AID E AII 63
6.2.1 Meio Físico 64
6.2.2 Meio Biótico 65
6.2.3 Meio Socioeconômico 67

7 ATUALIZAÇÃO DIAGNÓSTICO – MEIO FÍSICO 69

7.1 ATUALIZAÇÃO DOS MONITORAMENTOS 69
7.1.1 Qualidade das águas superficiais 69
7.1.2 Qualidade das águas subterrâneas 96
7.1.3 Qualidade do ar 107
7.1.4 Níveis de ruído 113

7.2 ATUALIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA 119
7.2.1 Unidades hidrogeológicas 120
7.2.2 Atualização do modelo hidrogeológico 121

8 ATUALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO – MEIO BIÓTICO 130

8.1 FAUNA 130
8.1.1 Avifauna 130
8.1.2 Mastofauna 132
8.1.3 Herpetofauna 135
8.1.4 Quirópteros 137
8.1.5 Ictiofauna 138
8.1.6 Limnologia – Plâncton e Zoobentos 140
8.1.7 Entomofauna 142

8.2 FLORA 144
8.2.1 Metodologia de estudo da flora local 144
8.2.2 Análise dos Dados 151
8.2.3 Resultados 156
8.2.4 Resultados dos estudos florístico e fitossociológico 169

9 ATUALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO – MEIO SOCIOECONÔMICO 211
9.1.1 Desenvolvimento Humano 211
9.1.2 Indicadores de Produto Interno Bruto - PIB 211
9.1.3 Habitações 212
9.1.4 Educação 213

10 IMPACTOS AMBIENTAIS 215

10.1 IMPACTOS SOBRE O MEIO FÍSICO 217
10.1.1 Alteração da Carga de Poluentes nas Águas Superficiais e subterrâneas 217
10.1.2 Aumento das Taxas de Erosão 218
10.1.3 Alteração da Qualidade do Ar 218
10.1.4 Alteração dos Níveis de Ruído 219
10.1.5 Aumento da Instabilidade Geotécnica 219

10.2 IMPACTOS SOBRE O MEIO BIÓTICO 220
10.2.1 Redução de Áreas de Vegetação Nativa 220
10.2.2 Diminuição de Indivíduos de Espécies Ameaçadas de Extinção da Flora e Áreas de Preservação Permanente (APP) 221
10.2.3 Alteração das Comunidades Vegetais Remanescentes 222
10.2.4 Perda de Indivíduos da fauna 223
10.2.5 Perturbação da fauna em locais adjacentes 224

10.3 IMPACTOS SOBRE O MEIO SOCIOECONÔMICO 225
10.3.1 Alteração visual da paisagem 225
10.3.2 Geração e manutenção de empregos e receitas 225
10.4 QUADRO SÍNTESE DOS IMPACTOS 227
11 PLANO BÁSICO AMBIENTAL – AÇÕES GERENCIAIS 229
11.1 MEDIDAS MITIGADORAS E COMPENSATÓRIAS 229
11.1.1 Programa de Gestão Ambiental do Empreendimento 229
11.1.2 Plano de Recuperação de Áreas Degradadas 231
11.1.3 Programa de Compensação Ambiental 232
11.1.4 Programa de Afugentamento e Resgate da Fauna Silvestre 233
11.1.5 Programa de Performance Social 233
11.1.6 Programa de Limpeza da Área de Inundação e de Coleta de Material Vegetativo .. 234
11.1.7 Programa de Implantação e Manutenção de Unidades de Conservação 235
11.2 PROGRAMAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL 235
11.2.1 Programa de Monitoramento dos Níveis de Ruído 235
11.2.2 Programa de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas 236
11.2.3 Programa de Monitoramento Geotécnico 236
11.2.4 Programa de Monitoramento de Fauna 237
11.2.5 Programa de Monitoramento da Vegetação 237
11.2.6 Atendimento às Leis Específicas dos Plantios de Compensação 238
12 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES 239
13 EQUIPE TÉCNICA 241
14 BIBLIOGRAFIA 242

ANEXOS

ANEXO A – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART
ANEXO B – PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
ANEXO C – PLANILHA DE QUANTIDADES E ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO
ANEXO D – QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
ANEXO E – QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
ANEXO F – QUALIDADE DO AR
ANEXO G – NÍVEIS DE RUÍDOS
ANEXO H – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
ANEXO I – INVENTARIAMENTO DE FLORA

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Características da Barragem de Rejeitos – BR. 4
Quadro 4.1 – Plano diretor de geração de rejeitos na unidade do CMT. 12
Quadro 4.2 – Granulometria, retido simples e porcentagem de sólidos do rejeito grosso do CMT. 16
Quadro 4.3 – Faixa de trabalho médio do rejeito do circuito grosso. 16
Quadro 4.4 – Granulometria e porcentagem de sólidos do rejeito granulado de CMT. 16
Quadro 4.5 – Faixa de trabalho médio do rejeito granulado. 17
Quadro 4.6 – Granulometria e porcentagem de sólidos do rejeito fino do CMT. 18
Quadro 4.7 – Faixa de trabalho médio do rejeito fino. 18
Quadro 4.8 – Faixa de trabalho média do rejeito consolidado do circuito convencional de CMT. 19
Quadro 4.9 – Análise química das amostras do teste de bancada. 23
Quadro 4.10 – Análise granulométrica das amostras. 23
Quadro 4.11 – Matriz de estudo comparativo. 33
Quadro 5.1 - Características da Barragem de Rejeitos – BR. 34
Quadro 5.2–Análise de percolação e estabilidade por seção para BR na cota1.210 m. 48
Quadro 5.3–Comparativo entre as análises de estabilidade para os projetos. 50
Quadro 5.4–Comparativo da drenagem interna para os projetos. 53
Quadro 5.5–Comparativo da drenagem superficial para os projetos. 53
Quadro 5.6–Comparativo do sistema extravasor para os projetos. 54
Quadro 5.7–Comparativo do reservatório para os projetos. 55
Quadro 5.8–Cronograma para alteamento da crista para 1.210 m. 57
Quadro 5.9 – Histograma de MOD para alteamento da crista para 1.210 m. 59
Quadro 5.10 – Histograma de MOI para alteamento da crista para 1.210 m. 59
Quadro 5.11 – Histograma de equipamentos para alteamento da crista para 1.210 m. 60
Quadro 7.1 – Coordenadas dos pontos de amostragem de água superficial. 69
Quadro 7.2 – Parâmetros analisados para água superficial. 72
Quadro 7.3 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 01, Ponto 02 e Ponto 03. 74
Quadro 7.4 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 08. 75
Quadro 7.5 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 10. 76
Quadro 7.6 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 80, Ponto 94 e Ponto 168. 77
Quadro 7.7 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 172. 78
Quadro 7.8 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 220. 79
Quadro 7.9 – Coordenadas do ponto de amostragem de água subterrânea. 96
Quadro 7.10 – Parâmetros analisados para água subterrânea. 98
Quadro 7.11 – Resultados obtidos nas águas subterrâneas – Ponto 54. 99
Quadro 7.12– Estrutura do Índice da Qualidade do Ar 108
Quadro 7.13– Pontos de monitoramento de qualidade do ar 109
Quadro 7.14 - Resultados obtidos nos pontos amostrados. 112
Quadro 7.15–Limites de níveis de pressão sonora. 113

Quadro 7.16 – Limites de RL_{Aeq} em função do período. 114
Quadro 7.17 - Descrição e localização dos pontos de medição de ruído. 115
Quadro 7.18 – Resultados das medições de ruído de dezembro de 2019. 118
Quadro 7.19- Resultados das medições de ruído de janeiro de 2020. 118
Quadro 7.20 – Histórico das medições de ruído. 119
Quadro 7.21 – Valores de recarga obtidos na etapa de calibração em permanente do modelo. 122
Quadro 8.1 – Coordenadas geográficas das parcelas amostradas no inventário florestal. 148
Quadro 8.2 – Coordenadas dos pontos-quadrantes amostrados na AID. 150
Quadro 8.3 – Fórmulas utilizadas para cálculos volumétricos da vegetação. 155
Quadro 8.4 – Fórmulas utilizadas no processamento dos dados estatísticos. 155
Quadro 8.5 – Cobertura vegetal na AID do empreendimento. 161
Quadro 8.6 – Uso e ocupação do solo na área diretamente afetada do empreendimento 162
Quadro 8.7 – Lista florística da área estudada – ADA e AID. 170
Quadro 8.8 – Estrutura horizontal da vegetação amostrada na AID. 179
Quadro 8.9 – Lista florística das espécies arbóreas amostradas no inventário florestal. 181
Quadro 8.10 – Índices de diversidade da população amostrada no inventário florestal. 185
Quadro 8.11 – Estrutura horizontal da fisionomia FES médio amostrada. 187
Quadro 8.12 – Estrutura diamétrica FES médio. 190
Quadro 8.13 – Número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT) de acordo com as espécies amostradas no estrato FES médio. 191
Quadro 8.14 – Estrutura horizontal da fisionomia Cerrado amostrada na ADA. 194
Quadro 8.15 – Estrutura diamétrica Cerrado. 196
Quadro 8.16 – Número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT) de acordo com as espécies amostradas no estrato Cerrado. 197
Quadro 8.17 – Estrutura horizontal da fisionomia Campo Sujo. 198
Quadro 8.18 – Estrutura diamétrica Campo Sujo. 200
Quadro 8.19 – Número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT) de acordo com as espécies amostradas no estrato Campo Sujo. 201
Quadro 8.20 – Estrutura horizontal da tipologia pastagem amostrada. 202
Quadro 8.21 – Estrutura diamétrica da pastagem. 204
Quadro 8.22 – Número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT) de acordo com as espécies amostradas no estrato pastagem. 205
Quadro 8.23 – Dados gerais do inventário florestal para cada unidade amostral. 207
Quadro 8.24 – Estimativa do volume de madeira nas fisionomias inseridas na ADA. 209
Quadro 8.25 – Estimativa de produtos florestais na ADA. 209
Quadro 8.26 – Dados estatísticos do inventário florestal. 210
Quadro 9.1 - Evolução do PIB per capita em R$. 212
Quadro 9.2 – Indicadores de Habitação em Araxá e Tapira em 2017. 212
Quadro 9.3 – Rede escolar de Araxá. 213
Quadro 10.1 - Grau de importância dos impactos por atributos 216
Quadro 10.2 - Escalas de avaliação da importância dos impactos 216

Quadro 10.3 - Síntese dos impactos, seus atributos e programas associados..... 227

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Barragem BR dividia em dois lagos e área de disposição de rejeitos. 3
Figura 4.1 – Arranjo Geral da PDR-I. 13
Figura 4.2 – Arranjo Geral da PDR-II. 14
Figura 4.3 – Fluxograma Simplificado do Complexo de Mineração de Tapira. 15
Figura 4.4 – Curva de sedimentação do rejeito granulado do CMT. 17
Figura 4.5 – Curva de sedimentação do rejeito fino do CMT. 19
Figura 4.6 – Curva de sedimentação de lamas do CMT. 19
Figura 4.7 – Técnicas de separação de material sólido-líquido em função da granulometria. .. 20
Figura 4.8 – Tipos de equipamentos de desaguamento. 21
Figura 4.9 – Fluxograma do cenário 1 testado. 22
Figura 4.10 – Fluxograma do cenário 2 testado. 22
Figura 4.11 – Rota Gaustec de processo para o possível teste semi-industrial. 24
Figura 4.12 – Sistema de filtragem a vácuo utilizado no laboratório de CMT 25
Figura 4.13 – Parâmetros adotados para realização do Slump Test. 28
Figura 4.14 – Posição relativa da barragem BR. 31
Figura 4.15 – Posição relativa da barragem BL-3. 32
Figura 5.1 – Representação esquemática da situação atual da Barragem BR. 35
Figura 5.2 – Seção Transversal do maciço alteado na cota 1.210 m. 36
Figura 5.3 – Etapas de execução do alteamento da barragem BR. 38
Figura 5.4 – Seção representativa do topsoil e hidrossemeadura projetados. 39
Figura 5.5 – Seção representativa da drenagem interna. 42
Figura 5.6 – Seção do canal de lamas. 42
Figura 5.7 – Modelo digital de terreno já com o maciço na elevação 1.210,0 m (software RIFTTD). 45
Figura 5.8 – Canal de Lamas (azul) e alinhamento da projeção do rejeito no reservatório (vermelho). 46
Figura 5.9 – Ponto de captação de água. 47
Figura 5.10 – Localização dos acessos projetados. 48
Figura 6.1 – ADA anterior e atualização da ADA. 62
Figura 6.2 – Pontos de lançamento de rejeitos do projeto anterior (cota 1.205 m). 63
Figura 6.3 – Áreas de Influência – Meio físico. 65
Figura 6.4 – Áreas de Influência – Meio biótico. 67
Figura 6.5 – Áreas de Influência – Meio socioeconômico. 68
Figura 7.1 – Localização dos pontos de monitoramento de água superficial. 71
Figura 7.2 – Valores de condutividade elétrica nas águas superficiais. 80
Figura 7.3 – Valores de DBO nas águas superficiais. 80
Figura 7.4– Valores de DQO nas águas superficiais. 81
Figura 7.5– Valores de oxigênio dissolvido nas águas superficiais. 81
Figura 7.6– Valores de pH das águas superficiais. 82
Figura 7.7– Valores de sólidos dissolvidos totais nas águas superficiais. 82

Figura 7.8– Valores de sólidos sedimentáveis nas águas superficiais. 83
Figura 7.9– Valores de sólidos suspensos nas águas superficiais. 83
Figura 7.10– Valores de temperatura das águas superficiais. 84
Figura 7.11– Valores de turbidez das águas superficiais. 84
Figura 7.12 – Teores de alumínio nas águas superficiais. 85
Figura 7.13 – Teores de alumínio dissolvido nas águas superficiais. 85
Figura 7.14 – Teores de bário nas águas superficiais. 85
Figura 7.15 – Teores de berílio nas águas superficiais. 85
Figura 7.16 – Teores de cálcio nas águas superficiais. 86
Figura 7.17 – Teores de chumbo nas águas superficiais. 86
Figura 7.18 – Teores de cromo nas águas superficiais. 86
Figura 7.19 – Teores de ferro dissolvido nas águas superficiais. 87
Figura 7.20 – Teores de manganês nas águas superficiais. 87
Figura 7.21 – Teores de vanádio nas águas superficiais. 88
Figura 7.22 – Teores de cloreto nas águas superficiais. 88
Figura 7.23 – Teores de fluoreto nas águas superficiais. 89
Figura 7.24 – Teores de fósforo nas águas superficiais. 89
Figura 7.25 – Teores de fósforo dissolvido nas águas superficiais. 90
Figura 7.26 – Teores de nitrato nas águas superficiais. 90
Figura 7.27 – Teores de nitrito nas águas superficiais. 91
Figura 7.28 – Teores de nitrogênio amoniacal nas águas superficiais. 91
Figura 7.29 – Teores de sulfato nas águas superficiais. 92
Figura 7.30 – Teores de sulfeto nas águas superficiais. 92
Figura 7.31 – Teores de fenóis nas águas superficiais. 93
Figura 7.32 – Teores de surfactantes nas águas superficiais. 93
Figura 7.33 – Concentrações da bactéria Escherichia coli nas águas superficiais. 94
Figura 7.34 – Localização dos pontos de monitoramento de água subterrânea. 97
Figura 7.35 – Valores de alcalinidade nas águas subterrâneas. 101
Figura 7.36 – Valores de condutividade elétrica nas águas subterrâneas. 101
Figura 7.37 – Valores de pH nas águas subterrâneas. 101
Figura 7.38 – Valores de temperatura nas águas subterrâneas. 101
Figura 7.39 – Teores de alumínio nas águas subterrâneas. 102
Figura 7.40 – Teores de alumínio dissolvido nas águas subterrâneas. 102
Figura 7.41 – Teores de bário nas águas subterrâneas. 102
Figura 7.42 – Teores de cálcio nas águas subterrâneas. 102
Figura 7.43 – Teores de chumbo nas águas subterrâneas. 103
Figura 7.44 – Teores de ferro nas águas subterrâneas. 103
Figura 7.45 – Teores de magnésio dissolvido nas águas subterrâneas. 103
Figura 7.46 – Teores de manganês nas águas subterrâneas. 103
Figura 7.47 – Teores de manganês dissolvido nas águas subterrâneas. 104
Figura 7.48 – Teores de potássio nas águas subterrâneas. 104

Figura 7.49 – Teores de sódio nas águas subterrâneas. 104
Figura 7.50 – Teores de zinco nas águas subterrâneas..... 104
Figura 7.51 – Teores de cloreto nas águas subterrâneas..... 105
Figura 7.52 – Teores de fluoreto nas águas subterrâneas. 105
Figura 7.53 – Teores de fósforo nas águas subterrâneas. 105
Figura 7.54 – Teores de fósforo dissolvido nas águas subterrâneas..... 105
Figura 7.55 – Teores de nitrato nas águas subterrâneas..... 106
Figura 7.56 – Teores de nitrogênio amoniacal nas águas subterrâneas. 106
Figura 7.57 – Teores de sulfato nas águas subterrâneas..... 106
Figura 7.58 – Teores de surfactantes nas águas subterrâneas..... 106
Figura 7.59 – Localização dos Pontos de Amostragem da Qualidade do Ar..... 111
Figura 7.60 - Concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS). 112
Figura 7.61 - Localização dos Pontos de Medição dos Níveis de Ruído. 117
Figura 7.62 - Perfil esquemático da classificação intempérica dos litotipos do CMT 121
Figura 7.63 - Reta de calibração dos níveis d'água em regime permanente com os valores observados (eixo x) e calculados (eixo y) em cada instrumento..... 123
Figura 7.64 - Isolinhas equipotenciais e sentido do fluxo de d'água subterrâneo – resultado da calibração em regime permanente..... 124
Figura 7.65 - Comparação entre as vazões monitoradas em maio de 2007 e calculadas nas zonas de balanço - calibração em regime permanente..... 125
Figura 7.66 - Zonas de recarga aplicadas ao modelo. 126
Figura 7.67 - Calibração das vazões trimestrais bombeadas pela bateria de poços de rebaixamento (valores monitorados e calculados pelo modelo, em m3/dia). 127
Figura 7.68 – Isolinhas equipotenciais do nível d'água de 20 em 20 m ao final da calibração – julho de 2020. 128
Figura 7.69– Comparação dos modelos calibrados para 2007 e julho de 2020. 129
Figura 8.1 - Pontos de amostragem da avifauna apresentando as duas metodologias utilizadas: AVBR (pontos fixos de visualização e escuta) e LM (Listas de Mackinnon). 131
Figura 8.2 - Pontos de amostragem do inventário da mastofauna terrestre com armadilhamento fotográfico (6 câmeras) e transectos (12 trilhas). 133
Figura 8.3– Curva do coletor espécie/amostragem para a riqueza observada. 134
Figura 8.4 - Distribuição dos pontos de registro da herpetofauna no presente estudo..... 136
Figura 8.5 – Pontos de amostragem de ictiofauna. 139
Figura 8.6 – Pontos de amostragem de limnologia. 141
Figura 8.7 – Pontos de amostragem de entomofauna. 143
Figura 8.8–Croqui com representação de unidade amostral utilizada no estudo. 147
Figura 8.9 – Croqui de uso do solo e localização dos pontos de amostragem do inventário florestal..... 148
Figura 8.10– Localização dos pontos-quadrantes na AID do empreendimento. 151
Figura 8.11– Localização do empreendimento em relação aos biomas. 156
Figura 8.12– Localização do empreendimento em relação às unidades de conservação. 159
Figura 8.13– Localização do empreendimento em relação às áreas prioritárias para conservação..... 160

Figura 8.14– Cobertura vegetal na AID do empreendimento. 162
Figura 8.15 – Gráfico de número de indivíduos amostrados no inventário florestal de acordo com a família. 185
Figura 8.16– Representação da curva coletora da população amostrada na ADA. 186
Figura 8.17– Representação gráfica do IVI das 20 espécies de maior destaque na fisionomia FES médio. 189
Figura 8.18– Representação da estrutura diamétrica do estrato FES médio. 190
Figura 8.19– Representação gráfica do IVI das 20 espécies de maior destaque na fisionomia Cerrado amostrada na ADA. 195
Figura 8.20– Representação da estrutura diamétrica do Cerrado amostrado na ADA. 196
Figura 8.21– Representação gráfica do IVI das 20 espécies de maior destaque amostradas na fisionomia Campo Sujo. 199
Figura 8.22– Representação da estrutura diamétrica do Campo Sujo amostrado. 200
Figura 8.23– Representação gráfica do IVI das espécies amostradas na tipologia pastagem. 203
Figura 8.24– Representação da estrutura diamétrica da pastagem amostrada na ADA. 204
Figura 9.1 – Contribuição dos setores no PIB (em R$). 212

LISTA DE FOTOS

Foto 4.1 – Produto final das lamas de CMT, após utilização do filtro-prensa piloto da empresa Andritz..... 27
Foto 4.2 – Resultado do Slump Test do rejeito da flotação hidrociclonado (underflow) após 5 dias exposto no tempo sem chuva..... 28
Foto 7.1–Sitio Ouro Verde (QAR-04) 110
Foto 7.2 –Fazenda Nova Bom Jardim (QAR-05) 110
Foto 7.3– Fazenda Capão Escuro (QAR- 06)..... 110
Foto 7.4 – R-01 Assent. Bom Jardim..... 115
Foto 7.5 – R-02 Selmym Leime 115
Foto 7.6 – R-03 Mirante Ambiental..... 115
Foto 7.7 – R-04 Sr. Juquinha..... 115
Foto 7.8 – R-05 Geraldo Souza 116
Foto 7.9 – R-06 Mineroduto 116
Foto 8.1 –Medição de CAP (circunferência à altura do peito) em unidade amostral durante o inventário florestal..... 146
Foto 8.2 –Medição de altura de árvore com auxílio de trena elétrica. 146
Foto 8.3 –Marcação de indivíduo arbóreo no início da unidade amostral (ponto central inicial)..... 147
Foto 8.4 – Demarcação de unidade amostral com auxílio de trena métrica no eixo central da parcela. 147
Foto 8.5 –Área alagada mapeada na ADA..... 163
Foto 8.6 –Barragem existente inserida na ADA. 164
Foto 8.7 –Área úmida no local do empreendimento..... 164
Foto 8.8 –Campo Limpo na ADA. 165
Foto 8.9 –Campo Sujo no local de estudo. 166
Foto 8.10 –Cerrado na área do empreendimento..... 167
Foto 8.11 –Cerrado na ADA..... 167
Foto 8.12 – Estrada existente na ADA..... 167
Foto 8.13 –Interior de FES na ADA. 168
Foto 8.14 –FES presente na ADA..... 168
Foto 8.15 –Pastagem na área do empreendimento, sem rendimento lenhoso..... 169
Foto 8.16 –Pastagem com presença de árvores na ADA. 169
Foto 8.17 - Espécie arbórea Platypodium elegans (jacarandazinho)..... 178
Foto 8.18 - Espécie arbórea Kielmeyera coriacea (pau-santo)..... 178
Foto 8.19 - Espécie arbórea Myrsine coriacea (capororoca-vermelha). 178
Foto 8.20 – Trepadeira Smilax brasiliensis (japecanga)..... 178
Foto 8.21 - Espécie herbácea Achyrocline satureioides (macela). 178
Foto 8.22 – Epífita Tillandsia sp. 178

1 INTRODUÇÃO

A Mosaic Fertilizantes opera no município de Tapira/MG um empreendimento com mais de 40 anos de funcionamento, voltado à extração de minério de titânio e minério fosfatado e ao beneficiamento e expedição de concentrado fosfático. O empreendimento é denominado Complexo de Mineração de Tapira (CMT). O CMT realiza a transferência do concentrado fosfático via mineroduto para o Complexo Industrial de Uberaba para a produção de fertilizantes.

Com intuito de se prosseguir com sua operação, e devido ao iminente término de sua vida útil, a Mosaic Fertilizantes pretende licenciar o alteamento do maciço da barragem BR, da cota 1.200 m para a cota 1.210 m.

Em 2017, foi apresentado um Estudo de Impactos Ambientais considerando o alteamento da Barragem de Rejeitos – BR do Complexo de Mineração de Tapira para a cota 1.205 m. Contudo, em vista do plano diretor da unidade, a Mosaic Fertilizantes identificou a necessidade de um alteamento maior até a cota 1.210 m.

O objetivo deste relatório é apresentar uma atualização do projeto de alteamento da BR e do contexto ambiental no qual o projeto está inserido, reavaliando os impactos e suas respectivas medidas mitigadoras e/ou compensatórias ambientais em decorrência da implantação do projeto de alteamento da Barragem de Rejeitos – BR para a cota de 1.210 m.

É importante ressaltar que apesar do alteamento do maciço para uma cota mais elevada, a Área Diretamente Afetada (ADA) será menor do que a ADA anteriormente apresentada para o alteamento até a cota 1.205 m, em função de alterações operacionais da barragem que serão apresentadas neste relatório.

Para elaboração da atualização dos estudos ambientais do alteamento da Barragem BR, a Mosaic Fertilizantes contratou a MultiGeo Mineração Geologia e Meio Ambiente Ltda., nos termos da proposta Prop20LA009.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste relatório é apresentar uma atualização do Estudo de Impacto Ambiental para o alteamento da barragem BR, anteriormente elaborado em dezembro/2017.

- Atualização do projeto de alteamento do maciço para a nova cota de 1.210 m;
- Reapresentação das normas e legislações vigentes atualizadas;
- Atualizar os ensaios realizados pela Mosaic Fertilizantes para alternativas de disposição de rejeitos;
- Análise das áreas de influência, considerando o novo projeto, e suas implicações nos diagnósticos dos meios físico, biótico e socioeconômico;
- Complementação dos dados de monitoramento para as matrizes de ar, água e ruídos;
- Atualizar o modelo hidrogeológico local em função do avanço das atividades mineiras no Complexo;
- Atualização dos impactos ambientais e de suas medidas mitigadoras e programas de monitoramento.

1.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Razão Social: Mosaic Fertilizantes P&K Ltda.

CNPJ (matriz): 33.931.486/0020-01

Localização: Rodovia MGC 146, km 196,25

Município: Tapira/MG

Atividade: Exploração e beneficiamento de minério de fosfato

Responsável Legal pelo empreendimento: Antonio Carlos Walsh Ferreira

Responsável pela área ambiental: Daniela do Prado Paz

Telefone: (34) 3669-5000

1.3 IDENTIFICAÇÃO DA CONSULTORIA

Empresa: MultiGeo – Mineração, Geologia e Meio Ambiente Ltda.

Endereço: Rua Funchal, 19 – 8º andar – Vila Olímpia

Município: São Paulo/SP

Telefone: (11) 3040-3850

Responsável Técnico: Carla Imoto

Profissão: Engenheira de Minas

Registro no Conselho: CREA-5069411909/D-SP

1.4 EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO PROJETO

Nome	Formação Técnica	Registro Profissional	Atuação
Carla Fernanda Imoto	Eng.ª. de Minas	CREASP 5069411909	Coordenação, Justificativas e Caracterização
Caroline Y. Akabane Yamazaki	Eng.ª. Ambiental	CREASP5062806189	Diagnóstico socioeconômico
Bruna Rodrigues	Eng.ª. Florestal	CREA MG 114770	Diagnóstico de flora
Marcelo Coelho	Eng. Florestal	CREASP 5060323752	Áreas de Influência e Impactos e Programas
Tetsuo Akabane	Geólogo	CREA SP 0600421807	Diagnóstico físico

2 HISTÓRICO DA BARRAGEM BR

A Barragem de Rejeitos BR foi projetada coma finalidade de realizar a contenção dos rejeitos gerados pela usina de beneficiamento, além de ter também como função possibilitar a clarificação da água de seu reservatório para captação e retorno à usina.

O projeto inicial do dique de partida e do primeiro alteamento foi elaborado pela Paulo Abib Engenharia, em 1982. O dique inicial foi executado até a cota 1.160 m e o alteamento do maciço, pela metodologia de linha de centro, elevou a cota para 1.180 m.

A BR está localizada no córrego Boa Vista. Sua ombreira esquerda caracteriza-se por baixas declividades (entre 8 a 10°), enquanto a direita apresenta topografia relativamente irregular, com declividades maiores, de até 45°. Em função da topografia, os rejeitos são lançados na ombreira esquerda, de tal forma que o reservatório da barragem encontra-se seccionado ao meio pelos sólidos que sedimentaram, enquanto a água percolou (**Figura 2.1**).



Figura 2.1 – Barragem BR dividia em dois lagos e área de disposição de rejeitos.

O último alteamento elevou o maciço até a cota de 1.200 m, com projeto realizado pela Leme Engenharia, em 1998. Estes alteamentos também foram realizados pela metodologia de linha de centro.

Em 2017, a Geoconsultoria elaborou o projeto detalhado para altear a Barragem BR até a elevação 1.205 m, tendo sido dada a entrada no licenciamento ambiental para obtenção da LP+LI, porém o processo ainda não foi finalizado e a Mosaic Fertilizantes apresenta uma

complementação do estudo ambiental anterior com o objetivo de licenciar o alteamento até a cota 1.210 m.

Em 2019, foi realizada a obra de reforço no pé da Barragem BR, para que a mesma atingisse os valores normativos de Fatores de Segurança preconizados na NBR 13.028:2017. A obra consistiu na construção de uma berma de reforço com enrocamento compactado até a elevação 1.150,0 m. Sobrejacente ao enrocamento, foram executadas camadas de magnetita compactadas até a elevação 1.160,0 m, transicionadas por uma camada de brita 3, brita 0 e areia.

Ainda em 2019, a DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela Mosaic Fertilizantes para elaborar os projetos para alteamento da Barragem BR para a cota de 1.210 m. Assim, esse relatório tem o objetivo de apresentar o projeto para atualização do estudo ambiental para licenciamento do alteamento.

O **Quadro 2.1** apresenta as características dos projetos de construção e alteamento até a cota atual de 1.200 m da Barragem de Rejeitos – BR.

Quadro 2.1 - Características da Barragem de Rejeitos – BR.

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
Dados Gerais	
Finalidade	Contenção de rejeitos e captação de água
Empresas projetistas	- Dique Inicial: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alteamento cota 1180m: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alteamento cota 1200m: Leme (1998)
Construção – Etapas	Maciço Inicial / Alteamentos
Método construtivo	Linha de centro
Data de Construção	1982/1998
Cota da Crista	El. 1.200 m
Extensão atual do coroamento	570 m
Altura Máxima	61 m
Volume atual do Reservatório	80.000.000 m³
Tipo de Seção	Mista
Drenagem Interna	Tapete drenante e dreno de fundo
Drenagem Superficial	Não possui dispositivos implantados
Instrumentação	1 piezômetro, 13 indicadores de nível de água, 2 medidores de vazão, 14 drenos de encosta, 11 marcos superficiais, 1 régua, 1 pluviômetro e 1 evaporímetro
Hidrologia / Hidráulica	
Área da Bacia	15,67 km²
Tempo de Concentração	1,23h (Lago C), e 0,53h (Lago A)
Precipitação de Projeto	204,77 mm
Cheia de Projeto	TR 10.000 anos
Vazão Máxima Afluente	198,31 m³/s

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
Vazão de Projeto	22,36 m³/s
NA Normal Operacional	1.192,8 m
NA Máximo	1.194,54 m
Borda Livre	5,46m
Estruturas Vertentes	
Vertedouro Operacional	Extravasor soleira livre e canal escavado em solo.

3 LEGISLAÇÃO VIGENTE

Este item visa atualizar a legislação vigente, bem como reapresentar todas as normas e legislações incidentes para o alteamento da Barragem de Rejeitos – BR.

3.1 LEGISLAÇÃO INCIDENTE

Numerosos dispositivos legais incidem sobre a atividade minerária no Brasil, alguns voltados à regulação do acesso aos recursos minerais, que são bens da União, outros que tratam do licenciamento ambiental da atividade, além de muitos que tratam da proteção de determinados recursos naturais, cuja preservação, por sua natureza, é potencialmente ameaçada pela atividade de mineração.

Em face do número expressivo de normas reguladoras, optou-se por apresentar neste item uma seleção dos dispositivos de aplicação mais direta sobre o projeto proposto, seja pela natureza do bem mineral objetivado, seja pelos recursos naturais afetados. São apresentadas e comentadas, pois, normas legais selecionadas nos âmbitos federal, estadual e municipal.

3.1.1 Legislação Federal

- **Constituição Federal**

Trata, no Art. 225, § 1º, item IV, da exigência, para instalação de atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, de estudo prévio de impacto ambiental. Outras normas, anteriores e posteriores a esta, incluem a mineração entre as atividades potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente. O § 2º do mesmo artigo estabelece que "*aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado*". Esta obrigação constitucional traduziu-se posteriormente no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD.

- **Lei 227/1967 – Código de Mineração (alterado pelas leis 6.403/76, 6.567/78, 7.085/82, 7.805/89, 8.901/94, 9.314/96 e Decreto 9.406/2018)**

Estabelece as bases e os procedimentos para a obtenção das concessões para a exploração dos recursos minerais.

- **Lei 6.938/1981**

Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências (alterada pela Lei 11.941/09).

- **Lei 7.805/1989**

Altera o Código de Mineração, introduzindo, no Art. 16, uma conexão entre os licenciamentos minerário e ambiental. Por este dispositivo, a concessão de lavra passou a depender de prévio licenciamento do órgão ambiental competente.

- **Lei 9.433/1997**

Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

- **Lei Federal 9.795/1999**

Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

- **Lei 10.165/2000: (altera a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981)**

Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

- **Lei 9.985/2000 (regulamentada parcialmente pelo Decreto 4.340/2002 e alterada pela Medida Provisória 239/05, convertida na Lei 11.132/05, alterada pela Lei 516/07).**

Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

- **Lei 12.334/2010**

Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art.35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000.

- **Lei 12.651/2012 – Código Florestal (alterada pelas leis 12.727/12, 13.295/16, 13.335/16, 13.465/17)**

Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

- **Lei 14.066/2020**

Altera a Lei 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens.

- **Decreto 97.632/1989**

Estabelece a obrigação, para os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais, de submeter à aprovação do órgão ambiental competente, Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, quando da apresentação do EIA e do Rima.

- **Decreto 6.848/2009 (altera o Decreto-lei 4.340, de 22 de agosto de 2002)**

Regulamenta parcialmente a Lei 9.985/00, que dispõe sobre a criação das Unidades de Conservação, planos de manejo, formas de fixação das medidas compensatórias e autorização para a exploração de produtos, subprodutos ou serviços delas inerentes.

- **Portaria MMA 443/2014**

Dispõe sobre a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção, e inclui o grau de risco de extinção de cada espécie. As espécies constantes da lista classificadas nas categorias Extintas na Natureza (EW), Criticamente em Perigo (CR), Em Perigo (EN) e Vulnerável (VU) ficam protegidas de modo integral, incluindo a proibição de coleta, corte, transporte, armazenamento, manejo, beneficiamento e comercialização, dentre outras.

- **Portaria 444/2014**

Reconhece como espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção", trata de mamíferos, aves, répteis, anfíbios e invertebrados terrestres e indica o grau de risco de extinção de cada espécie.

- **Portaria do MMA 445/2014**

Reconhece como espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos" - Lista, conforme Anexo I desta Portaria, em observância aos arts. 6° e 7°, da Portaria n° 43, de 31 de janeiro de 2014.

- **Portaria 70.389/2017**

Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8°, 9°, 10, 11 e 12 da Lei n° 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.

- **Resolução Conama 01/1986 (alterada pelas Resoluções Conama 11/86, 05/87 e 237/97)**

Estabelece definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Inclui, em seu Art. 2º, item IX, a extração e o beneficiamento de minerais entre as atividades modificadoras do meio ambiente cujo licenciamento depende de aprovação de EIA.

- **Resolução CONAMA 001/1990**

Dispõe sobre a poluição sonora.

- **Resolução CNRH n° 143/2012**

Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7° da Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010.

- **Instrução Normativa IPHAN nº 001/2015:**

Estabelece procedimentos administrativos a serem observados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional nos processos de licenciamento ambiental dos quais participe.

- **Resolução MME/ANM 04/2019**

Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método a montante.

3.1.2 Legislação Estadual

- **Constituição Estadual**

Trata, nos Artigos 214 -216, de assuntos relacionados ao Meio Ambiente e nos Artigos 249-255, de assuntos relacionados à política hídrica e minerária.

- **Lei 7.302/1978 (alterada pela Lei 10.100/1990)**

Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no estado de Minas Gerais.

- **Lei 7.772/1980 (alterada pela Lei 15.972/2006)**

Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente.

- **Lei 13.199/ 1999 (alterada pela Lei 17.724/08).**

Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências

- **Lei Estadual nº 20.308/2012, altera a Lei nº 10.883/1992**

Declara de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte, no Estado de Minas Gerais, o pequizeiro (*Caryocar brasiliense*), e a Lei nº 9.743, de 15 de dezembro de 1988, declara de interesse comum, de preservação permanente e imune de corte o ipê-amarelo.

- **Lei 20.922/2013**

Dispõe sobre a política florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.

- **Lei 21.972/2016**

Dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema – e dá outras providências.

- **Lei 23.291/2019**

Institui a política estadual de segurança de barragens.

- **Decreto 45.175/2009**

Estabelece metodologia de gradação de impactos ambientais e procedimentos para fixação e aplicação da compensação ambiental.

- **Decreto 47.383/2018**

Estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades.

- **Resolução Conjunta SEMAD/FEAM 2784/2019**

Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais.

- **Deliberação Normativa COPAM nº 55/2002**

Estabelece normas, diretrizes e critérios para nortear a conservação da biodiversidade em Minas Gerais, com base no documento: "Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua Conservação".

- **Deliberação Normativa do COPAM n° 87/2005**

Deliberação Normativa do COPAM n° 87, de 17 de junho de 2005, que altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM N.º 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.

- **Deliberação Normativa COPAM 94/2006**

Estabelece diretrizes e procedimentos para aplicação da compensação ambiental de empreendimentos considerados de significativo impacto ambiental.

- **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01/2008**

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de qualidade das águas e de lançamento de efluentes.

- **Deliberação Normativa COPAM 147/2010**

Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da fauna do estado de Minas Gerais. E institui que para as espécies da fauna consideradas ameaçadas de extinção no estado de Minas Gerais, constantes do Anexo Único desta Deliberação Normativa, deverão ser desenvolvidos planos de recuperação e proteção que serão elaborados sob a coordenação do Instituto Estadual de Florestas - IEF, com a participação dos demais órgãos do Sistema Estadual de Meio Ambiente - SISEMA, dos órgãos municipais, da comunidade científica e da sociedade civil organizada, em um prazo máximo de dois anos, a contar da publicação desta Deliberação Normativa.

- **Deliberação Normativa COPAM 217/2017**

Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências.

3.1.3 Legislação Municipal

- **Lei Orgânica de Tapira**

Dispõe sobre os deveres para proteção e preservação do meio ambiente e recursos hídricos e dá outras providências.

- **Lei 1222/2017**

Dispõe sobre a criação e disposição geral do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente.

- **Decreto 10/2020**

Aprova o regimento interno do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente.

4 JUSTIFICATIVAS DO ALTEAMENTO

Este item visa atualizar os ensaios realizados pela Mosaic Fertilizantes com o rejeito da unidade do CMT, apresentar as novas alternativas de disposição do material e demonstrar a necessidade de um alteamento para continuidade da operação do Complexo de Mineração de Tapira.

4.1 PLANO DIRETOR DE GERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DE REJEITOS

Em 2020, a Walm Engenharia elaborou o plano diretor da unidade para a vida útil do Complexo. O **Quadro 4.1** apresenta o volume total de rejeitos a ser gerado anualmente no CMT.

Quadro 4.1 – Plano diretor de geração de rejeitos na unidade do CMT.

Período	Lama+Finos (m³)	Rejeito Grosso (m³)	Período	Lama+Finos (m³)	Rejeito Grosso (m³)
2019	1.920.686	1.435.590	2041	5.012.698	3.746.751
2020	4.631.225	3.461.544	2042	5.031.410	3.760.737
2021	4.591.635	3.432.026	2043	4.842.646	3.619.645
2022	4.840.480	3.618.026	2044	4.811.233	3.596.165
2023	4.673.442	3.493.173	2045	4.933.460	3.687.524
2024	4.677.739	3.496.385	2046	4.739.055	3.542.215
2025	4.699.631	3.512.748	2047	4.845.601	3.621.853
2026	4.699.788	3.512.865	2048	4.991.682	3.731.042
2027	4.743.051	3.545.203	2049	4.866.282	3.637.312
2028	4.782.582	3.574.750	2050	4.824.455	3.606.047
2029	4.595.777	3.435.122	2051	4.873.641	3.642.812
2030	4.551.266	3.401.853	2052	4.839.605	3.617.372
2031	4.677.528	3.496.227	2053	4.824.648	3.606.192
2032	4.897.815	3.660.881	2054	4.731.593	3.536.638
2033	4.661.521	3.484.262	2055	4.801.125	3.588.609
2034	4.642.746	3.470.229	2056	5.077.433	3.795.137
2035	4.615.686	3.450.003	2057	5.181.136	3.872.650
2036	4.594.803	3.434.394	2058	4.689.292	3.505.020
2037	4.648.421	3.474.471	2059	4.758.992	3.557.117
2038	4.819.843	3.602.600	2060	3.274.220	2.447.322
2039	5.122.072	3.828.503	**TOTAL**	**197.044.909**	**147.281.480**
2040	5.006.965	3.742.465			

Os estudos mostram que as barragens atuais, Barragem de Lamas – BL-1 e Barragem de Rejeitos – BR (objeto deste licenciamento) do CMT, são capazes de atender a produção de rejeitos (grosso e finos) até 2032. A partir deste período, de acordo com o relatório da Walm, deverão ser implantados dois depósitos para rejeito grosso que apresentou bons resultados para desaguamento, denominados PDR-I e PDR-II, que farão o empilhamento do material mais grosso.

O plano diretor adota a seguinte estratégia de disposição de rejeitos:

- **Rejeito Grosso e Granulado**
  - (Ago/2019-Abr/2029): Lançamento nas Barragens BR e BL1 (estrutura existente);
  - (Mai/2029-Jan/2032): Lançamento na Barragem BR, com objetivo de atender o comprimento de praia seguro (estrutura existente);
  - (Fev/2032-Mai/2037): Disposição na PDR-I (estrutura a construir); e,
  - (Jun/2032-Dez/2060): Disposição na PDR-II (estrutura a construir).
- **Lama + Finos**
  - (Ago/2019-Abr/2029): Lançamento nas Barragens BR e BL1 (estrutura existente);
  - (Mai/2029-Dez/2060): Lançamento na Barragem BR (estrutura existente a ser alteada).

Conforme mencionado, parte da disposição do rejeito grosso deverá ser feita por empilhamento. Estudos preliminares, indicam uma capacidade aproximada de armazenamento de 220 Mt de rejeito, considerando as barragens já existentes e os depósitos em estudo. As **Figuras 4.1** e **4.2** apresentam o projeto preliminar dos depósitos.

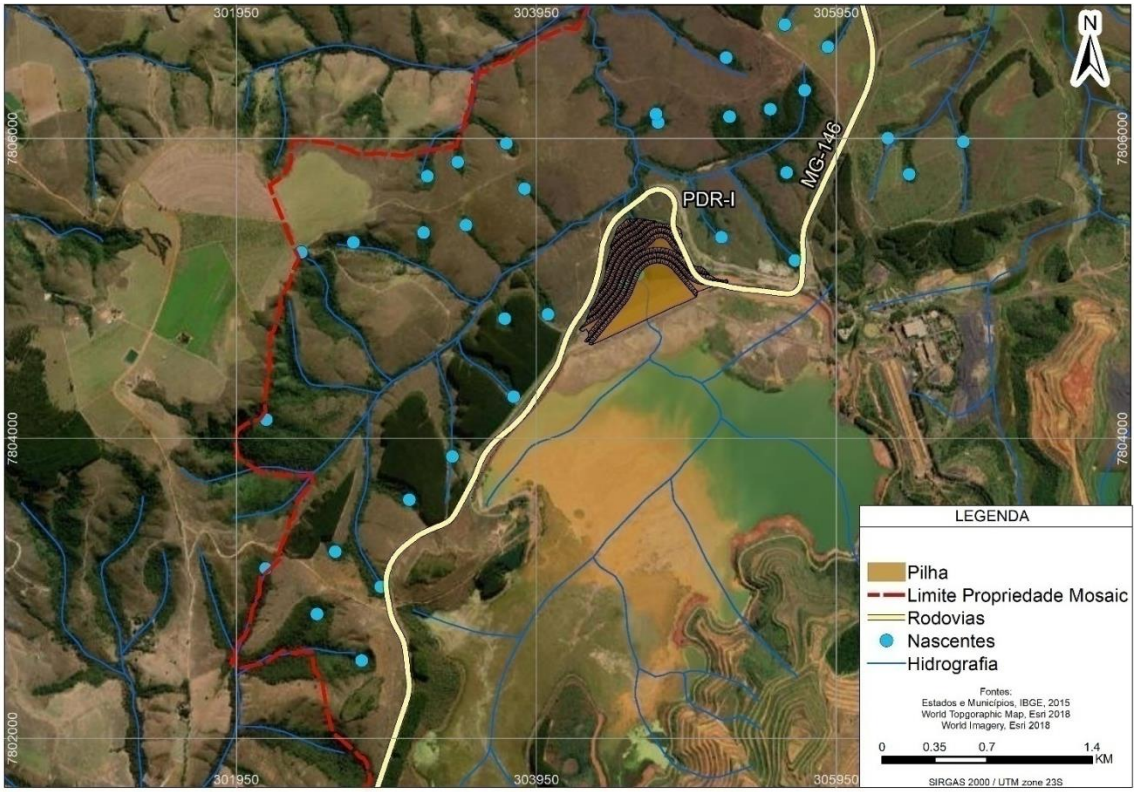


Figura 4.1 – Arranjo Geral da PDR-I.

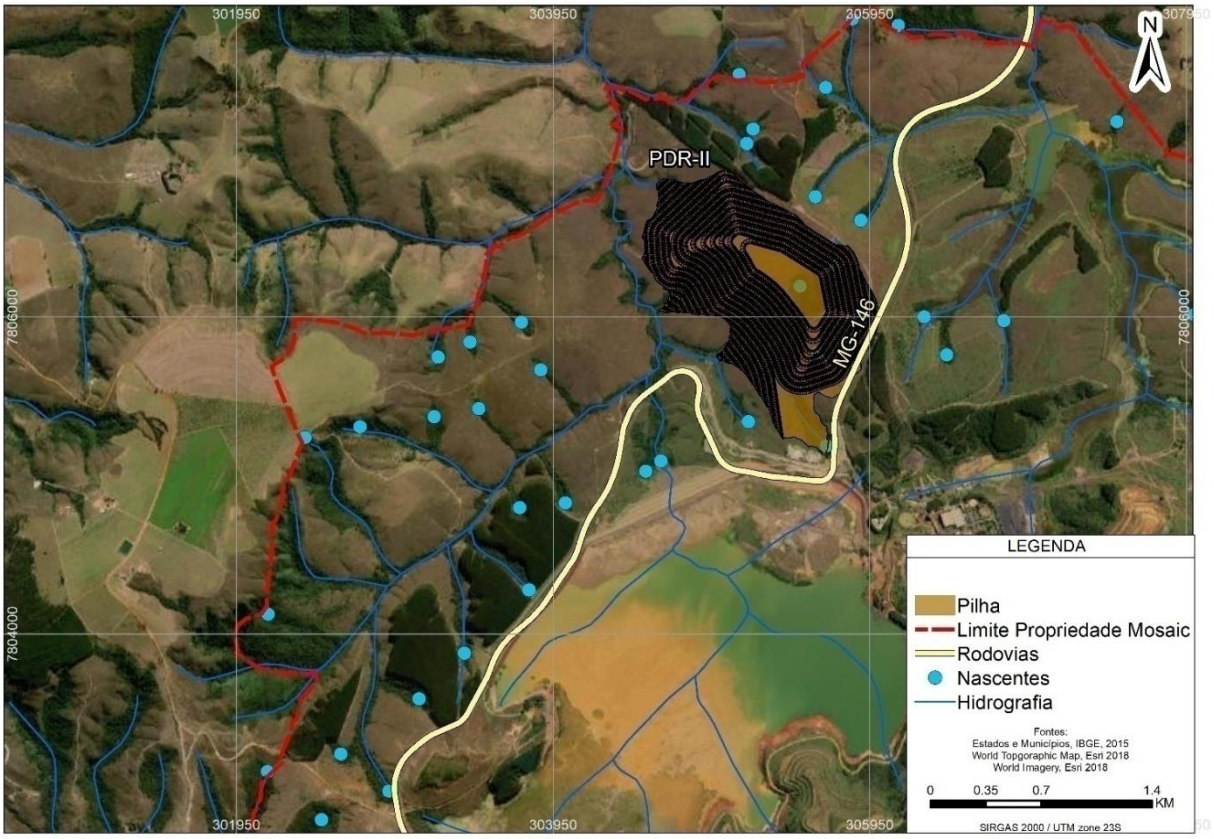


Figura 4.2 – Arranjo Geral da PDR-II.

4.2 JUSTIFICATIVAS TECNOLÓGICAS

Neste item serão apresentados a caracterização dos rejeitos gerados no CMT e os ensaios realizados até o momento para sua disposição.

4.2.1 Características do rejeito

Atualmente, a operação do CMT gera um produto concentrado, estéril e rejeitos. O processo de beneficiamento mineral envolve etapas de cominuição e concentração, de forma a gerar o produto final com as especificações adequadas para uso final. Os rejeitos provenientes do beneficiamento com flotação são classificados de acordo com a granulometria dos sólidos.

Eventualmente, todos os rejeitos gerados pelo processo de beneficiamento serão enviado para a BR. O plano diretor da unidade com o planejamento de disposição de rejeitos será apresentado no item 4.2.

O fluxograma simplificado da **Figura 4.3** demonstra os principais rejeitos gerados no processamento mineral na Unidade de Tapira.

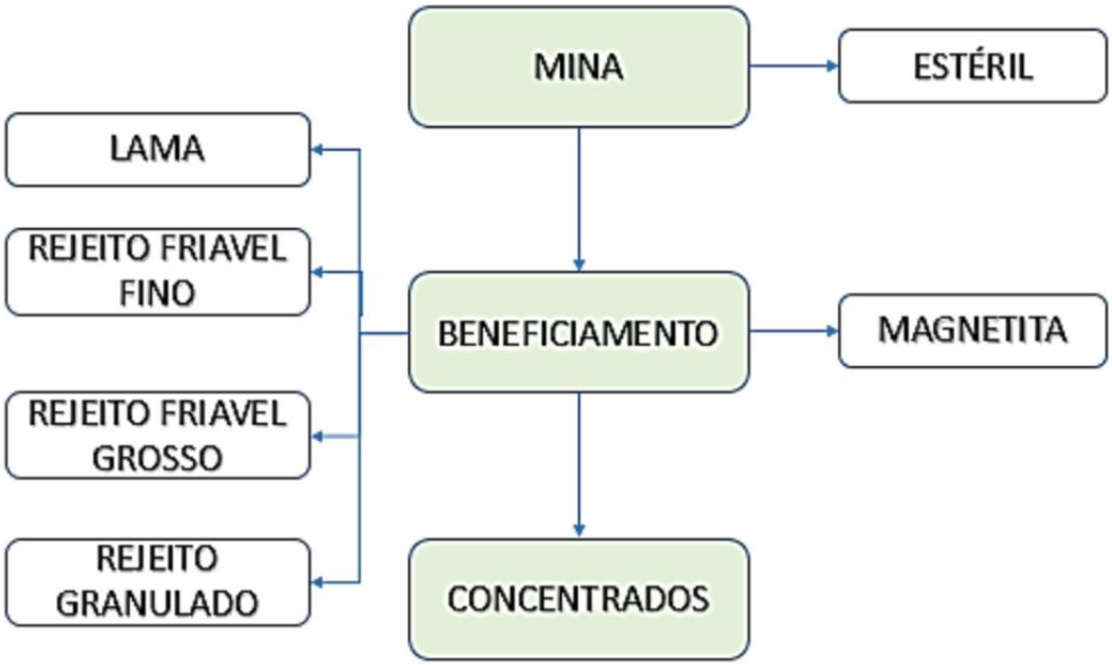


Figura 4.3 – Fluxograma Simplificado do Complexo de Mineração de Tapira.

O estéril e a magnetita, devido às suas características físicas, podem ser depositados em forma de pilhas controladas. A lama e os rejeitos da flotação (Rejeito Grosso, Rejeito Fino, Rejeito Granulado e lamas), por sua vez, são dispostos em barragens convencionais. Atualmente, o rejeito gerado na usina do Complexo de Mineração de Tapira é lançado hidraulicamente em barragens de rejeito.

- Rejeito Granulado – Fração grosseira do rejeito com aproximadamente 30% de sólidos; no cenário atual corresponde a 12% da massa dos rejeitos gerados na usina de beneficiamento;
- Rejeito Friável Grosso – Fração grosseira do rejeito com aproximadamente 30% de sólidos; no cenário atual corresponde a 34% da massa dos rejeitos gerados na usina de beneficiamento;
- Rejeito Friável Fino – Fração intermediária do rejeito com aproximadamente 30% de sólidos; no cenário atual corresponde a 7% da massa dos rejeitos gerados na usina de beneficiamento;
- Lama – Fração fina com aproximadamente 6% de sólidos; no cenário atual corresponde a 47% da massa dos rejeitos gerados na usina de beneficiamento.

4.2.1.1 *Rejeito Grosso*

O circuito grosso é o principal da unidade, com maior massa de rejeito, recebendo aproximadamente 80% dos sólidos da usina.

O **Quadro 4.2** mostra os resultados de porcentagem de sólidos e granulometria das pilhas amostradas e o **Quadro 4.3** exibe um resumo de como o rejeito grosso da flotação se comporta.

Quadro 4.2 – Granulometria, retido simples e porcentagem de sólidos do rejeito grosso do CMT.

Amostra	65#	100#	150#	200#	325#	400#	<400#	% Sólidos
1	31,14	19,89	17,30	16,65	11,03	-	-	28,6
2	27,98	20,40	16,77	16,57	10,81	2,63	4,85	23,1
3	26,90	21,54	16,18	16,52	10,16	2,46	6,25	28,3
4	23,81	19,52	17,14	18,10	11,90	2,86	6,67	26,1
5	32,45	19,94	15,59	14,32	10,07	2,12	5,51	22,2
6	21,41	18,61	17,26	19,02	13,10	3,43	7,17	27
7	27,38	22,36	16,31	14,87	11,59	3,08	4,41	26
8	35,03	19,56	15,87	13,67	9,08	1,70	5,09	25,6
9	44,09	19,86	13,77	11,06	6,25	1,35	3,61	23,3
10	38,26	20,89	13,34	13,34	7,24	1,65	5,27	23,9
Média	30,81	20,30	15,80	15,27	10,02	2,36	5,43	25,41
Desvio	7,29	1,14	1,39	2,51	2,21	0,71	1,12	2,22
% Desvio/média	24%	6%	9%	16%	22%	30%	21%	9%

Quadro 4.3 – Faixa de trabalho médio do rejeito do circuito grosso.

Parâmetro		Faixa de Trabalho Usual	Faixa de Trabalho Esporádica
Granulometria do Rejeito (µm)	d_{95}	949 - 2821	949 - 3758
	d_{80}	329 - 657	329 - 820
	d_{50}	141 - 215	141 - 252
	d_{25}	83 - 109	83 - 122
Massa de Rejeito (t/h) - b.s.		182 - 522	97 - 607
% Sólidos		27,6% - 23,2%	29,8% - 21,0%
Vazão de Rejeito (m³/h)		532 - 1.890	257 - 2.475

4.2.1.2 *Rejeito Granulado*

O **Quadro 4.4** mostra a granulometria do rejeito granulado, sendo perceptível uma enorme variação. No **Quadro 4.5**, há um breve resumo do rejeito de flotação do circuito granulado.

Quadro 4.4 – Granulometria e porcentagem de sólidos do rejeito granulado de CMT.

Amostra	65#	100#	150#	200#	325#	400#	<400#	% Sólidos
1	21,39	18,07	16,47	17,77	15,86	-	-	30,5
2	13,08	15,77	15,77	21,52	18,34	5,87	9,66	28,7
3	13,28	13,59	15,98	19,19	19,81	6,02	12,14	26,2
4	15,31	17,70	16,75	18,18	17,22	4,78	10,05	24,9

5	28,85	17,10	14,10	14,10	12,40	3,85	9,60	33
6	17,87	16,27	15,89	17,79	16,05	4,94	11,18	29,1
7	9,88	17,96	16,62	18,71	20,81	5,24	10,78	19,8
8	25,76	19,10	19,10	4,51	16,06	4,80	10,68	35,6
9	12,52	15,25	18,56	18,71	17,55	5,61	11,80	20,6
10	13,81	17,16	15,48	21,03	15,10	5,68	11,74	20,9
Média	16,71	16,66	16,47	17,08	17,04	5,20	10,85	26,93
Desvio	6,42	1,64	1,54	5,17	2,53	0,68	0,94	5,42
% Desvio/média	38%	10%	9%	30%	15%	13%	9%	20%

Quadro 4.5 – Faixa de trabalho médio do rejeito granulado.

Parâmetro		Faixa de Trabalho Usual	Faixa de Trabalho Esporádica
Granulometria do Rejeito (µm)	d_{95}	861 - 1344	-
	d_{80}	273 - 362	-
	d_{50}	115 - 134	-
	d_{25}	69 - 73	-
Massa de Rejeito (t/h) - b.s.		115 - 168	62 - 168
% Sólidos		32,4% - 21,5%	32,4% - 21,5%
Vazão de Rejeito (m³/h)		277 - 665	150 - 665

Foram realizados três ensaios de sedimentação, conforme **Figura 4.4**, e a velocidade de sedimentação média encontrada foi de 0,868 m/h.

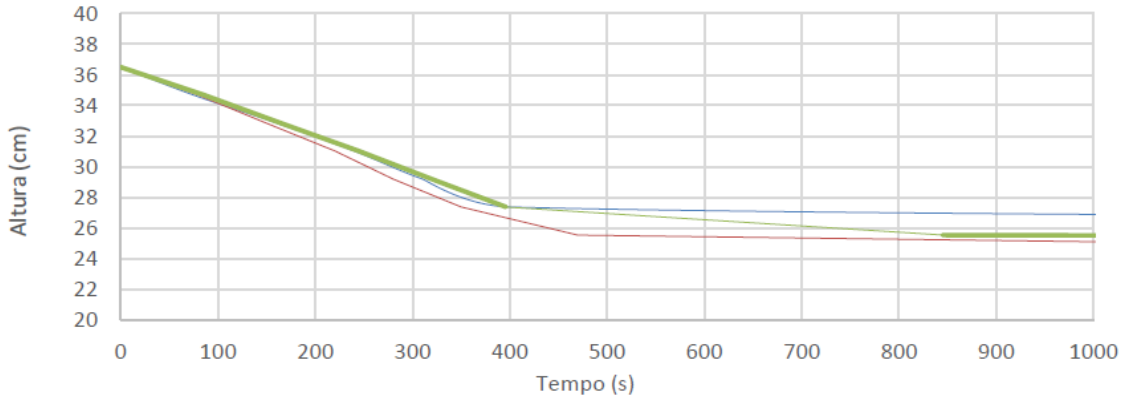


Figura 4.4 – Curva de sedimentação do rejeito granulado do CMT.

4.2.1.3 *Rejeito Fino*

A granulometria do rejeito fino possui variação significativa, como indicado no **Quadro 4.6**. O **Quadro 4.7** exibe um breve resumo do rejeito de flotação do circuito fino.

Quadro 4.6 – Granulometria e porcentagem de sólidos do rejeito fino do CMT.

Amostra	65#	100#	150#	200#	325#	400#	<400#	% Sólidos
1	11,56	14,62	20,52	16,46	19,91	5,28	11,64	32,60
2	9,65	14,04	14,62	20,47	20,76	5,26	15,20	39,72
3	9,79	12,97	16,33	21,71	20,86	6,06	12,29	35,00
4	8,88	12,90	13,85	21,07	11,95	8,52	22,84	24,10
5	7,97	13,12	14,97	18,85	22,64	5,64	16,81	27,30
6	16,51	13,75	16,31	22,51	17,99	5,66	7,28	29,50
7	12,05	14,79	15,60	21,50	18,19	6,71	11,16	30,30
8	12,94	14,65	14,18	21,06	17,76	5,82	13,59	32,90
9	14,98	14,45	21,14	18,66	16,05	2,68	12,04	34,00
10	12,78	13,27	17,67	18,51	18,30	6,78	13,20	33,60
Média	11,73	13,77	16,07	20,48	18,28	5,85	13,82	31,90
Desvio	2,88	0,74	2,25	1,47	3,11	1,53	4,30	4,34
% Desvio/média	25%	5%	14%	7%	17%	26%	31%	13,6%

Quadro 4.7 – Faixa de trabalho médio do rejeito fino.

Parâmetro		Faixa de Trabalho Usual	Faixa de Trabalho Esporádica
Granulometria do Rejeito (µm)	d_{95}	447 - 617	363 - 702
	d_{80}	179 - 229	155 - 254
	d_{50}	88 - 107	79 - 117
	d_{25}	57 - 68	51 - 73
Massa de Rejeito (t/h) - b.s.		84 - 133	60 - 133
% Sólidos		36,2% - 27,6%	36,2%-23,2%
Vazão de Rejeito (m^3/h)		174 - 390	124-480

A partir dos três ensaios de sedimentação realizados, conforme **Figura 4.5**, foi obtida uma velocidade de sedimentação média de 0,231 m/h.

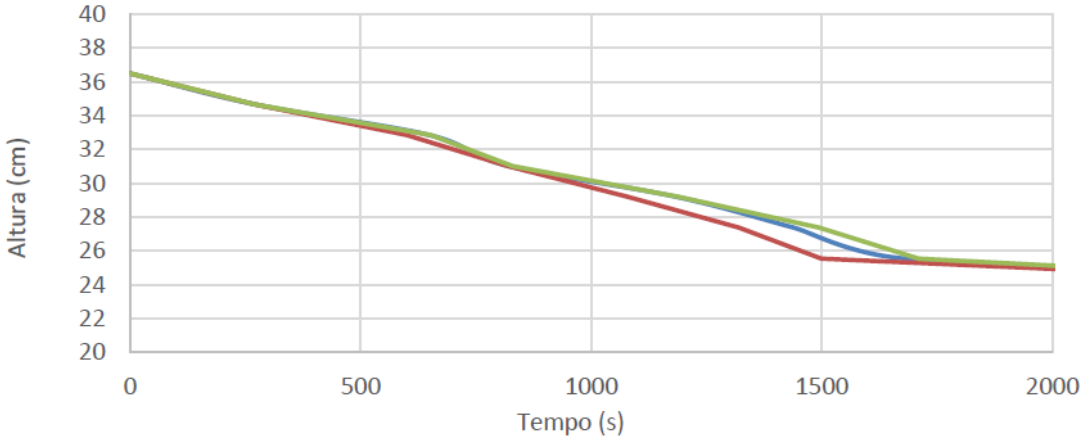


Figura 4.5 – Curva de sedimentação do rejeito fino do CMT.

4.2.1.4 *Lamas*

Para as lamas, foram realizados três ensaios de sedimentação (**Figura 4.6**) e velocidade de sedimentação média encontrada foi de 0,073 m/h.

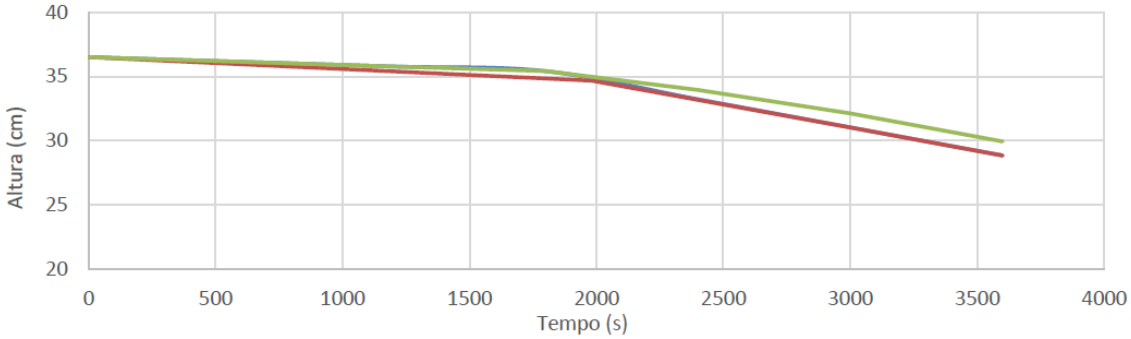


Figura 4.6 – Curva de sedimentação de lamas do CMT.

4.2.1.5 *Rejeitos da Flotação – Consolidado*

Considerando a proporção atualmente gerada para cada um dos rejeitos, chegou-se a granulometria geral do rejeito sem considerar as lamas do CMT, apresentada no **Quadro 4.8**.

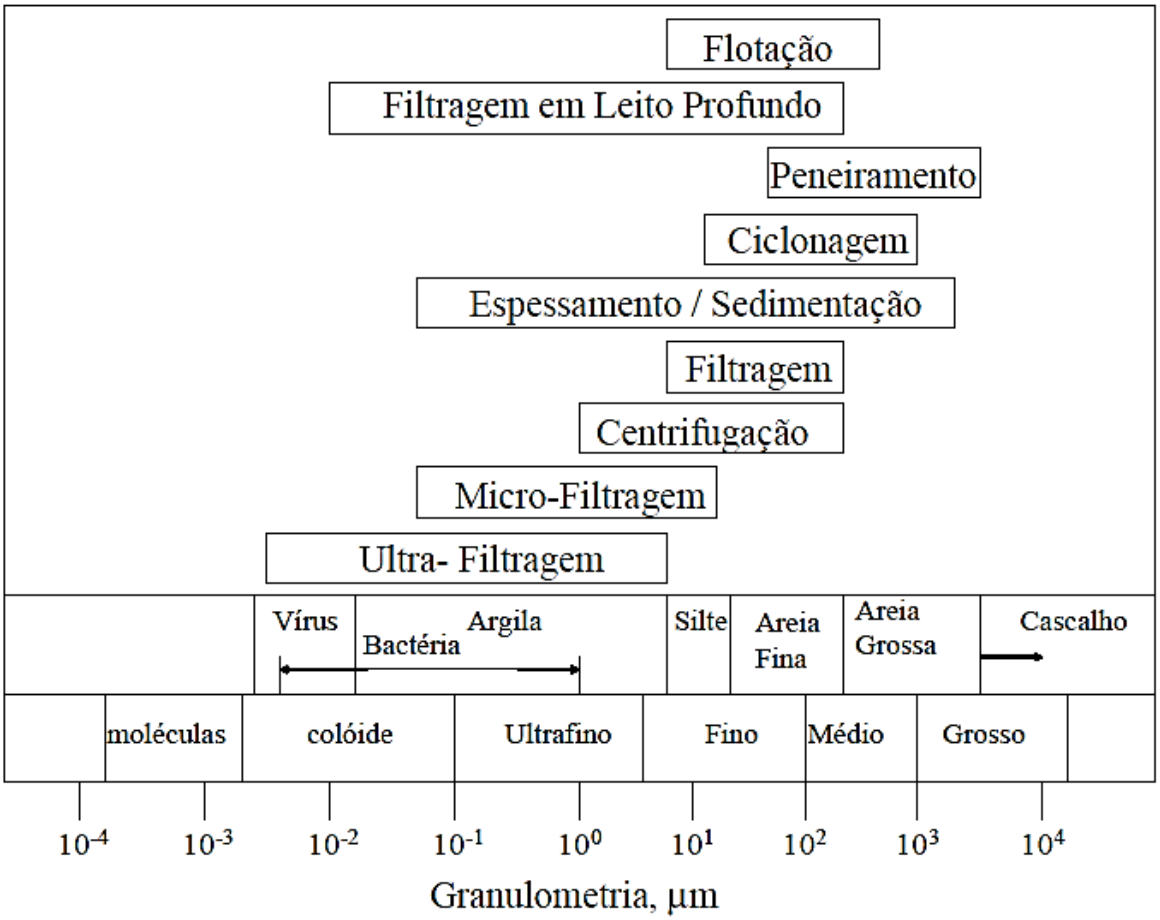
Quadro 4.8 – Faixa de trabalho média do rejeito consolidado do circuito convencional de CMT.

Parâmetro		Faixa de Trabalho Usual	Faixa de Trabalho Esporádica
Granulometria do Rejeito (µm)	d_{95}	811 - 2164	625 - 3311
	d_{80}	279 - 527	240 - 737
	d_{50}	121 - 181	111 - 232
	d_{25}	73 - 95	69 - 115
Massa de Rejeito (t/h) - b.s.		381 - 822	219 - 907

% Sólidos	30,6% - 23,4%	32,1% - 21,4%
Vazão de Rejeito (m³/h)	984 - 2.945	532 - 3.620

4.2.2 Ensaios realizados para disposição dos rejeitos

A geração de rejeitos é inevitável e inerente ao processo de tratamento de minério na usina e, portanto, não é possível eliminá-la. Contudo, existem diversas metodologias diferentes para a disposição do material gerado, sendo a aplicabilidade destas intrínsecas à granulometria do material que se quer dispor. Além disso, é importante estudar as técnicas disponíveis para a separação sólido-líquido, para que seja possível realizar a recuperação da água para reúso na usina e dispor apenas os sólidos. A **Figura 4.7** apresenta as opções conhecidas na literatura para separação sólido-líquido.



Fonte: Valadão, 2008 (apud. Mosaic, 2020).

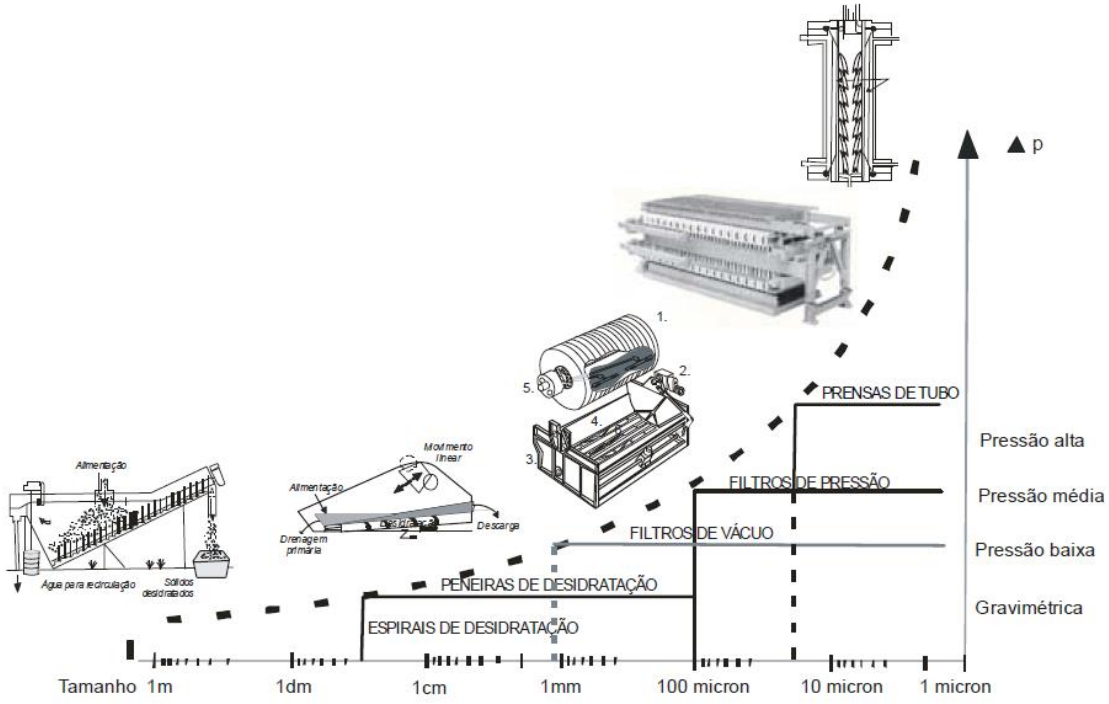
Figura 4.7 – Técnicas de separação de material sólido-líquido em função da granulometria.

A barragem de rejeitos é atualmente o sistema de contenção de sólidos mais utilizado, através da sedimentação do material sólido, permitindo a recuperação de água e reutilização desta no processo produtivo da usina de beneficiamento.

Conforme apresentado pela equipe técnica do CMT, o rejeito gerado possui granulometria com 50% do passante (d50) de aproximadamente 150 µm, permitindo, teoricamente, o uso

das técnicas de peneiramento, hidrociclonagem, espessamento, filtragem e centrifugação. Já as lamas possuem 50% do material passante em 10 µm, reduzindo as opções de adensamento do material para espessamento, centrifugação e filtragem.

Paralelamente, é necessário verificar os equipamentos disponíveis para as metodologias de separação aplicáveis. A **Figura 4.8** apresenta os equipamentos de desaguamento, sendo que no caso do CMT, as melhores alternativas são as peneiras e filtros a vácuo para o rejeito e filtro a vácuo, filtros de pressão e prensas de tubo para as lamas.



Fonte: Luz, 2010 (apud. Mosaic, 2020).

Figura 4.8 – Tipos de equipamentos de desaguamento.

A seguir apresentam-se todos os estudos e testes já realizados para o rejeito da unidade, tendo eles como objetivo tanto a viabilização de outras alternativas de disposição quanto o aumento da vida útil de suas barragens.

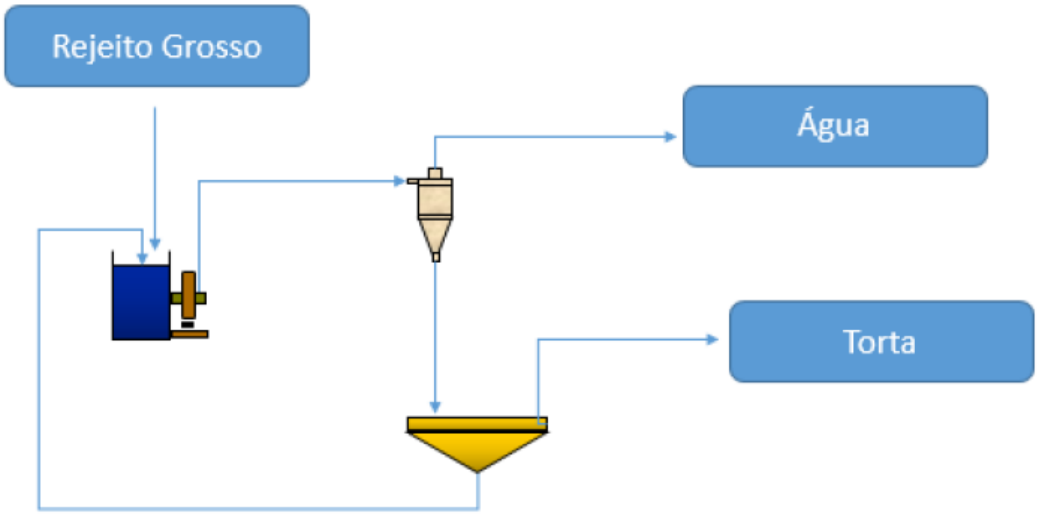
A operação unitária de centrifugação, embora citada, não foi estudada, visto que foram priorizados processos já conhecidos e aplicados na área de mineração de fosfato.

4.2.2.1 *Desaguamento por Peneira*

Com o intuito de se buscar novas rotas para o desaguamento do rejeito da flotação e lamas de CMT, em março de 2018, foi enviada uma amostra desse rejeito para teste de adensamento por hidrociclonagem e peneiramento de alta frequência a ser realizado pela empresa Gaustec.

O teste de bancada foi realizado para dois cenários distintos:

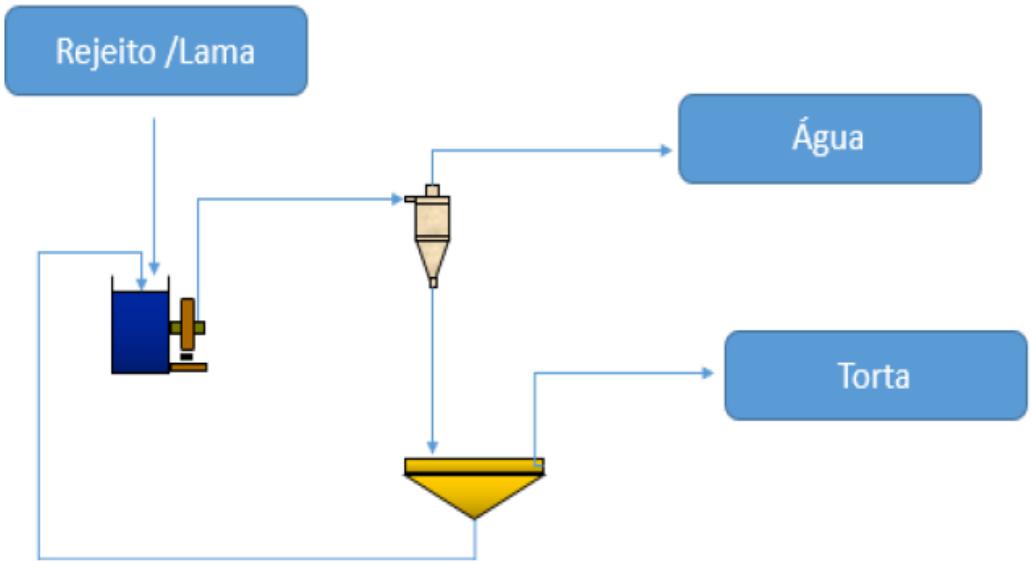
- Cenário 1 – tratamento apenas de um rejeito grosso composto por rejeitos grossos, friável fino e friável grosso, respeitando as respectivas proporções de geração do CMT (**Figura 4.9**);



Fonte: Mosaic, 2020.

Figura 4.9 – Fluxograma do cenário 1 testado.

- Cenário 2 –tratamento da mistura de rejeitos grossos com lama, na proporção 78% de rejeito e 22% de lama (**Figura 4.10**).



Fonte: Mosaic, 2020.

Figura 4.10 – Fluxograma do cenário 2 testado.

Os **Quadros 4.9** e **4.10** apresentam as características químicas e granulométricas das amostras de rejeito utilizadas para os testes de bancada.

Quadro 4.9 – Análise química das amostras do teste de bancada.

Análise Química	Lamas	Rejeito Grosso*	Rejeito Granulado	Rejeito Friável
P_2O_5	7,17	8,10	5,47	1,96
Fe_2O_3	19,89	35,01	31,10	26,16
MgO	6,84	4,78	5,03	10,54
CaO	12,61	16,18	17,49	5,66
Al_2O_3	5,15	1,75	1,03	5,00
SiO_2	23,81	13,31	20,09	29,09
TiO_2	7,63	10,15	8,16	10,99
BaO	0,25	0,20	0,17	0,26
SrO	0,30	0,25	0,28	0,08
MnO	0,43	0,55	0,46	0,54
Nb_2O_5	0,28	0,35	0,18	0,38

*Valor atípico da unidade. Normalmente fica entre 2,5 a 3,5% de P_2O_5.

Fonte: Mosaic, 2020.

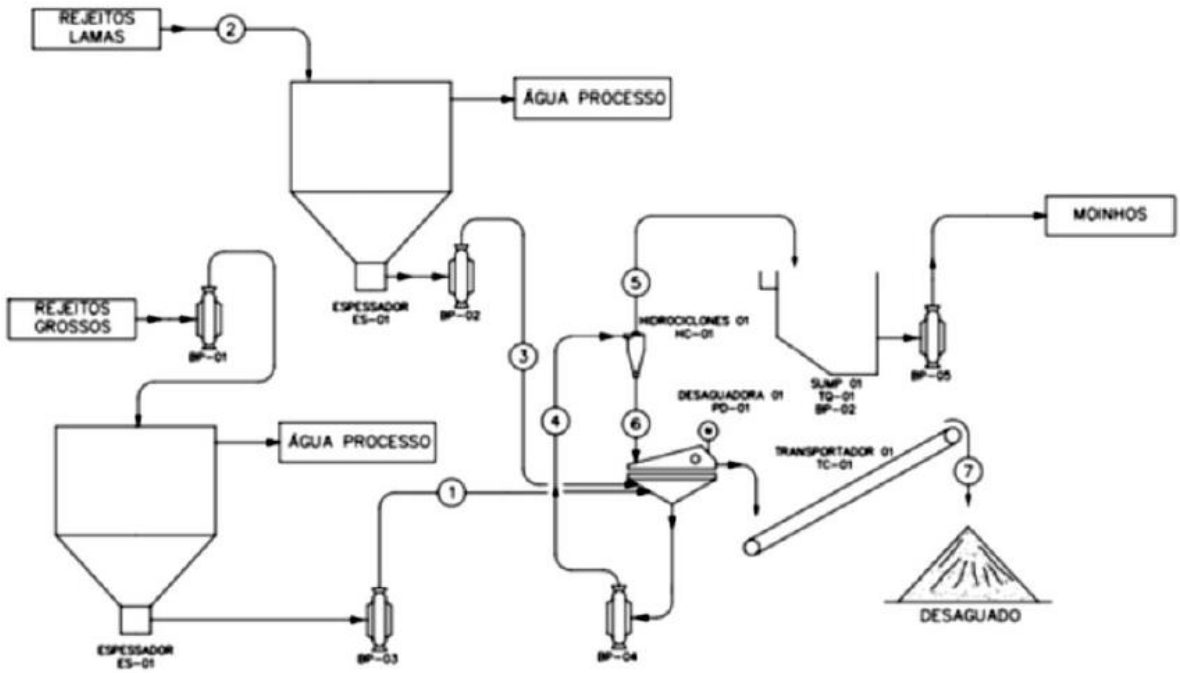
Quadro 4.10 – Análise granulométrica das amostras.

Malha (µm)	% Passante			
	Lamas	Rejeito Grosso	Rejeito Granulado	Rejeito Friável Fino
208	99	57	83,24	83
147	96,39	41,58	73,24	73,24
104	91,81	23,83	41,14	41,14
74	82,42	13,24	32,01	32,01
52	75,92	8,25	22,26	22,26
44	71,17	4,43	18,05	18,05
37	64,13	2,39	16,54	16,54
-37	0	0	0	0
% de Sólidos	**6,2**	**30**	**30**	**30**
Densidade dos Sólidos	**3,2**	**3,2**	**3,2**	**3,2**
Estratificação do rejeito total - Massa	**47%**	**34%**	**12%**	**7%**

Fonte: Mosaic, 2020.

Como resultado, foi possível realizar o desaguamento apenas para o cenário 1, ou seja, composto apenas por rejeito, sendo que o mesmo alcançou uma umidade 22%. No caso da mistura lama e rejeito, não foi possível realizar o desaguamento e, portanto, esse fluxo seguirá para avaliação de outros possíveis métodos de desaguamento.

Apesar dos resultados, está em avaliação a realização de um teste semi-industrial na unidade de Tapira, com os equipamentos e apoio da empresa Gaustec, para validar os resultados apresentados pela planta piloto. A rota de processo desse possível teste é representada na **Figura 4.11.**



Fonte: Mosaic, 2020.

Figura 4.11 – Rota Gaustec de processo para o possível teste semi-industrial.

4.2.2.2 *Adensamento por Espessador*

Atualmente CMT já possui um espessador de lamas de 100 metros de diâmetro. Contudo, o *underflow* alcança apenas 10% de sólidos na condição atual, sendo que com a utilização de floculantes, testes apontaram que o valor máximo obtido é de 18% de sólidos.

A fim de se obter maior adensamento do *underflow,* seria necessário substituir a bomba do espessador e também executar projeto de implantação de fibra ótica na barragem do Ribeirão do Inferno, para automatizar o ligamento/desligamento das bombas de água. Isso porque, a captação de água no espessador tende a transbordar para a caixa de água de flotação, aumentando assim a dureza da água e prejudicando substancialmente o processo de flotação.

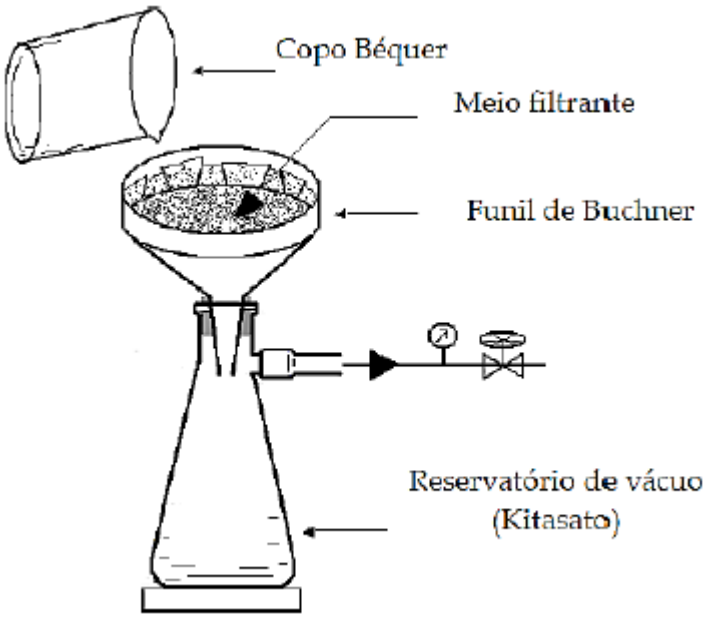
Foram realizados cálculos pela equipe do CMT, para dimensionamento do espessador ideal para a planta, de modo que o mesmo entregue pelo menos 40% de sólidos no *underflow.* Os cálculos consideraram os seguintes parâmetros: massa de polpa adotada foi de 11.570 t/h (b.s.), já considerando um fator de segurança de 1,2, com 6,2% de sólidos e densidade específica de 3,1; e velocidade de sedimentação de 0,0778 (conforme curva de sedimentação).

Com os resultados dos cálculos, concluiu-se que seria necessário um espessador de 500 metros de diâmetro ou mais 4 espessadores de 100 metros cada. Havendo possibilidade de redução no diâmetro com uso de floculante.

No entanto, isto não garante que os equipamentos conseguirão depositar as lamas, uma vez que há a necessidade de realizar os testes de filtragem das mesmas. Além disso, devido à enorme área que esses espessadores ocupariam, faz-se necessário estudo da viabilidade desse projeto.

4.2.2.3 *Filtragem à vácuo*

Como possível alternativa para recuperação de água, foram realizados testes, conhecidos como *leaf test*, com diferentes filtros. Um dos tipos de filtro, existente no CMT, é o filtro a vácuo, apresentado esquematicamente na **Figura 4.12**.



Fonte: Mosaic, 2020.

Figura 4.12 – Sistema de filtragem a vácuo utilizado no laboratório de CMT

Dentre os filtros a vácuo, algumas configurações foram testadas, a fim de verificar a viabilidade das mesmas. Os teste foram realizados para os rejeitos e lamas de maneira separada.

4.2.2.3.1 Rejeito

Os filtros planos apresentaram resultados não satisfatórios, pois mesmo utilizando floculante e auxiliar de filtragem, seriam necessários no mínimo 24 filtros. Esta opção implica ainda utilizar floculante (Flonex 912) a uma dosagem de 20 g/t. Obteve-se uma torta de 17,3% de umidade, que ainda precisa ser avaliada pela equipe geotécnica quanto ao seu empilhamento.

Já os filtros a disco mostraram resultados satisfatório, pois com o uso do auxiliar de filtragem ou floculante foi possível aumentar a taxa de filtragem e utilizar operação com somente um filtro a disco. O diâmetro selecionado para esse filtro foi de 12’ 6” com 20 discos, sendo a área nominal de 4.400 ft². Entretanto há um receio com relação à utilização deste filtro para o fosfato. Sendo assim, os estudos serão continuados, mas com o auxílio de fabricantes especializados para validação dos resultados.

Por fim, os filtros de tambor mostraram resultados intermediários com o uso de floculante e precisando de no mínimo 3 filtros com diâmetro de 12 pés por 20 pés de largura e área de 70 m².

É muito importante salientar que para reduzir a quantidade de filtros a serem instalados, o rejeito deverá ser adensado antes, com no mínimo 60% de sólidos. Logo será necessária a utilização de uma hicrocilonagem.

4.2.2.3.2 Lamas

Antes de iniciar os testes para dimensionar os filtros, foi realizada uma seleção prévia com auxiliares de filtragem e floculantes disponíveis. O melhor insumo de cada fornecedor foi escolhido para a realização do teste de filtragem e dimensionamento.

Para os ensaios, a porcentagem de sólidos na alimentação do filtro foi de 20%, sendo esta porcentagem correspondente ao *underflow* obtido no espessador de lamas, atualmente na melhor condição operacional possível, já considerando a dosagem de floculante no espessador de lamas. É importante ressaltar que, no entanto, apenas 30% das lamas do CMT passam pelo espessador.

Para os filtros planos, foram realizados 13 testes diferentes que consideram a combinação de diferentes floculantes e auxiliares de filtragem. Os resultados dos testes apontaram que seriam necessários, no melhor cenário, 97 equipamentos com 3.970 m², ou alternativamente, no pior cenário, 371 filtros com 15.273 m².

Similarmente, os testes para os filtros a disco mostraram que seriam necessários no mínimo 108 equipamentos para obtenção de uma umidade final de 37,6%. Já para o filtro a tambor, chegou a um dimensionamento de 832 filtros.

Após análises do dimensionamento dos principais filtros a vácuo, concluiu-se que esta técnica não pode ser aplicada nas lamas do CMT, pois além de ser necessários números exorbitantes de equipamentos não é possível ter uma umidade entre 20 a 25% de sólidos para conseguir empilhar o rejeito.

4.2.2.4 *Filtro-Prensa para Lamas*

Como os resultados com os filtros a vácuo demostram a impossibilidade de se obter umidade menor que 25% para as lamas, optou-se por testar o filtro industrial tipo prensa, em parceria com a empresa Andritz, para avaliação de viabilidade do mesmo.

Foram realizados testes com esse filtro, com amostras de lama com porcentagem de sólidos de 20% e 35%. Atualmente o espessador da unidade não consegue adensar as lamas para 35% de sólidos.

Ambos os testes apresentaram resultados parecidos em relação à umidade final do produto, tendo-se obtido valores próximos de 25%, alterando-se apenas o tempo de filtragem entre as alternativas estudadas.

A empresa Andritz ainda está calculando o número de filtros necessários e se tais filtros são viáveis tecnicamente.

A **Foto 4.1** ilustra o produto final dos testes realizados com o filtro-prensa da Andritz.



Fonte: Mosaic, 2020.

Foto 4.1 – Produto final das lamas de CMT, após utilização do filtro-prensa piloto da empresa Andritz.

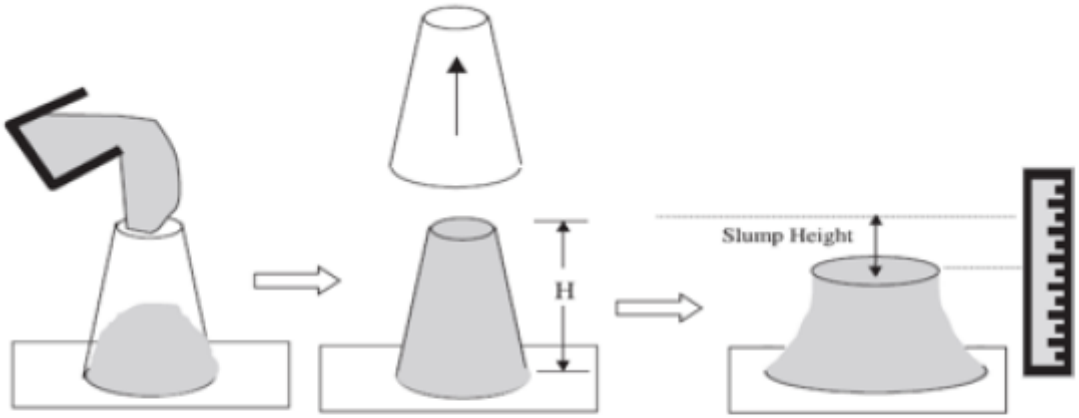
É importante salientar que serão necessários estudos geotécnicos para averiguar a possibilidade de empilhamento deste material.

4.2.2.5 *Adensamento e Empilhamento dos Rejeitos da Flotação por Hidrociclonagem*

Como o CMT já utiliza uma bateria de hidrociclones fixa com 10 hidrociclones de 10 polegadas, e uma bateria móvel com 30 hidrociclones de 6 polegadas, nos quais se consegue aproveitar aproximadamente 90% do rejeito para ser usado na formação de praia e alteamento das barragens, optou-se por analisar a alternativa do adensamento e empilhamento do rejeito em formato de pilhas de estéril, utilizando-se esses hidrociclones.

Atualmente, o rejeito da flotação é hidrociclonado e o *underflow* fica em uma pilha controlada que, depois de um período de redução da umidade de 5 dias, é destinado para o alteamento da barragem.

Para verificar a possibilidade do material obtido no *underflow* ser empilhado foi realizado um teste denominado *slump test*, conforme esquematizado na **Figura 4.13**.

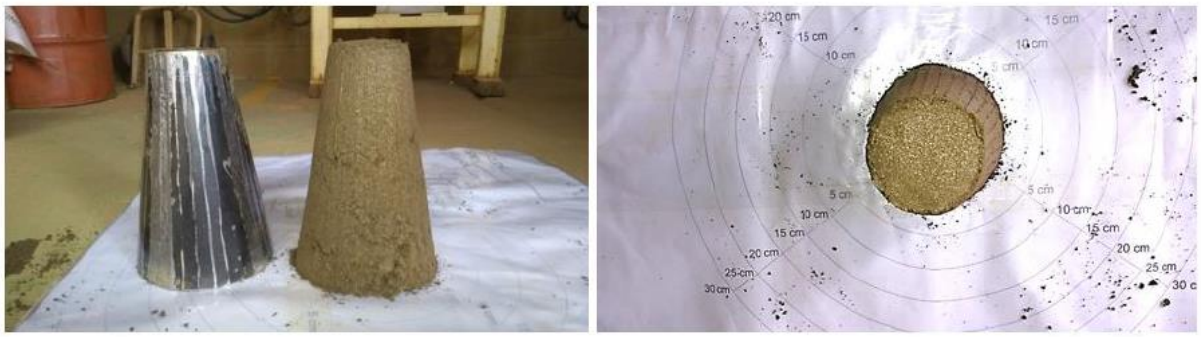


NORMA	Altura	Diâmetro do topo	Diâmetro da Base
ASTM	300 mm	100 mm	200 mm

Fonte: Mosaic, 2020.

Figura 4.13 – Parâmetros adotados para realização do *Slump Test*.

Após a realização do teste, verificou-se que o material praticamente não se move ao retirar o cone (**Foto 4.2**), indicando portanto boas condições deste material ser empilhado. Contudo, testes geotécnicos se fazem necessários para confirmar esta opção. Além disso, a equipe do CMT irá estudar, em parceria com outra empresa, a possibilidade de formação de barragem empilhando o rejeito da flotação por hidrociclonagem e o *overflow* sendo direcionado para outro ponto da barragem para captação de água.



Fonte: Mosaic, 2020.

Foto 4.2 – Resultado do *Slump Test* do rejeito da flotação hidrociclonado (underflow) após 5 dias exposto no tempo sem chuva.

O estudo foi realizado somente para os rejeitos, visto que as lamas, por serem muito finas, não podem ser adensadas com hidrociclones.

4.2.2.6 *Conclusões*

Os testes realizados mostram que os rejeitos têm grande potencial para armazenamento em pilhas, dado que os resultados da filtragem em bancada, com hidrociclonagem e peneiramento apresentaram resultados satisfatórios. No entanto, os materiais obtidos no adensamento ainda estão em processo de análise geotécnica para constatar se, de fato, é possível empilhar o material.

Além disso, dado que na unidade de Tapira os rejeitos da flotação já estão sendo adensados por hidrociclonagem e utilizados no alteamento das barragens, sugere-se que o *underflow* desse processo seja empilhado. O *overflow* deverá ser enviado para o reservatório da barragem, para possibilitar a captação de água a ser reutilizada na usina de beneficiamento.

Quanto às lamas, em função de sua granulometria em que 50% do material é passante em 10 µm, as tecnologias disponíveis para separação sólido-líquido são bem limitadas. A baixa velocidade de sedimentação do material também inviabilizou o uso de espessadores, sendo necessário um volume muito alto de equipamentos e, mesmo assim, o produto a ser obtido ainda teria uma porcentagem razoável de água em sua composição, impossibilitando o empilhamento.

A tecnologia que se mostrou mais viável para as lamas foi o filtro-prensa, sendo possível obter um produto final com 25% de umidade. No entanto, o fabricante Andritz precisa averiguar a viabilidade de construção de equipamento com as dimensões e quantidades necessárias para atender o fluxo de lamas do CMT. Por fim, ainda é necessário estudar o empilhamento das lamas desaguadas, com relação a sua estabilidade geotécnica para assegurar a disposição segura.

A unidade do CMT continuará com seus estudos de tecnologias, no entanto, até o momento nenhuma das tecnologias analisadas mostrou-se eficaz e segura como alternativa a ser empregada ao invés de barragens. Sendo possível, entretanto, o aproveitamento parcial do rejeito grosso para alteamento de barragens e possível empilhamento controlado do mesmo após hidrociclonagem.

4.3 JUSTIFICATIVAS LOCACIONAIS

Assim como apresentado no estudo anterior, a justificativa locacional para o alteamento da barragem será comparada com a implantação de uma nova estrutura (BL-3). Este item visa então comparar a alternativa de alteamento com a implantação de nova barragem, ambas opções considerando a mesma tecnologia de disposição de rejeitos.

Determinou-se que a viabilidade ambiental e econômica deveria obedecer a alguns critérios, tais como minimizar a área diretamente afetada e consequentemente a supressão vegetal; aproveitar ao máximo a topografia existente de forma a reduzir ao máximo o consumo de energia e materiais; e empregar a tecnologia existente de modo a assegurar o equilíbrio entre a produtividade e riscos ambientais.

Com efeito, para esta avaliação, podem-se ponderar estes critérios da seguinte forma:

- Capacidade para acumulação ou disposição no reservatório; quanto maior, melhor;

- Significância do interesse ambiental a jusante (somatório de valores segundo a COPAM nº 62 e nº 87); quanto menor, melhor;
- Nível de ocupações humanas a jusante (somatório de valores segundo a COPAM nº 62 e nº 87); quanto menor, melhor;
- Segurança em termos de volume de acumulação (somatório de valores segundo a COPAM nº 62 e nº 87); quanto maior, melhor;
- Concentração de instalações a jusante (somatório de valores segundo a COPAM nº 62 e nº 87); quanto menor, melhor;
- Proximidade e facilidade de interligação à planta industrial; quanto mais próximo, melhor;
- Possibilidade de aproveitamento parcial de estruturas de disposição existentes ou de integração ao sistema existente; quanto maior, melhor;
- Supressão de vegetação na área de reservatório; quanto menor, melhor.

A **Figura 4.14** mostra a posição relativa da barragem BR atual e a **Figura 4.15** ilustra a posição relativa da futura barragem denominada de BL-3.

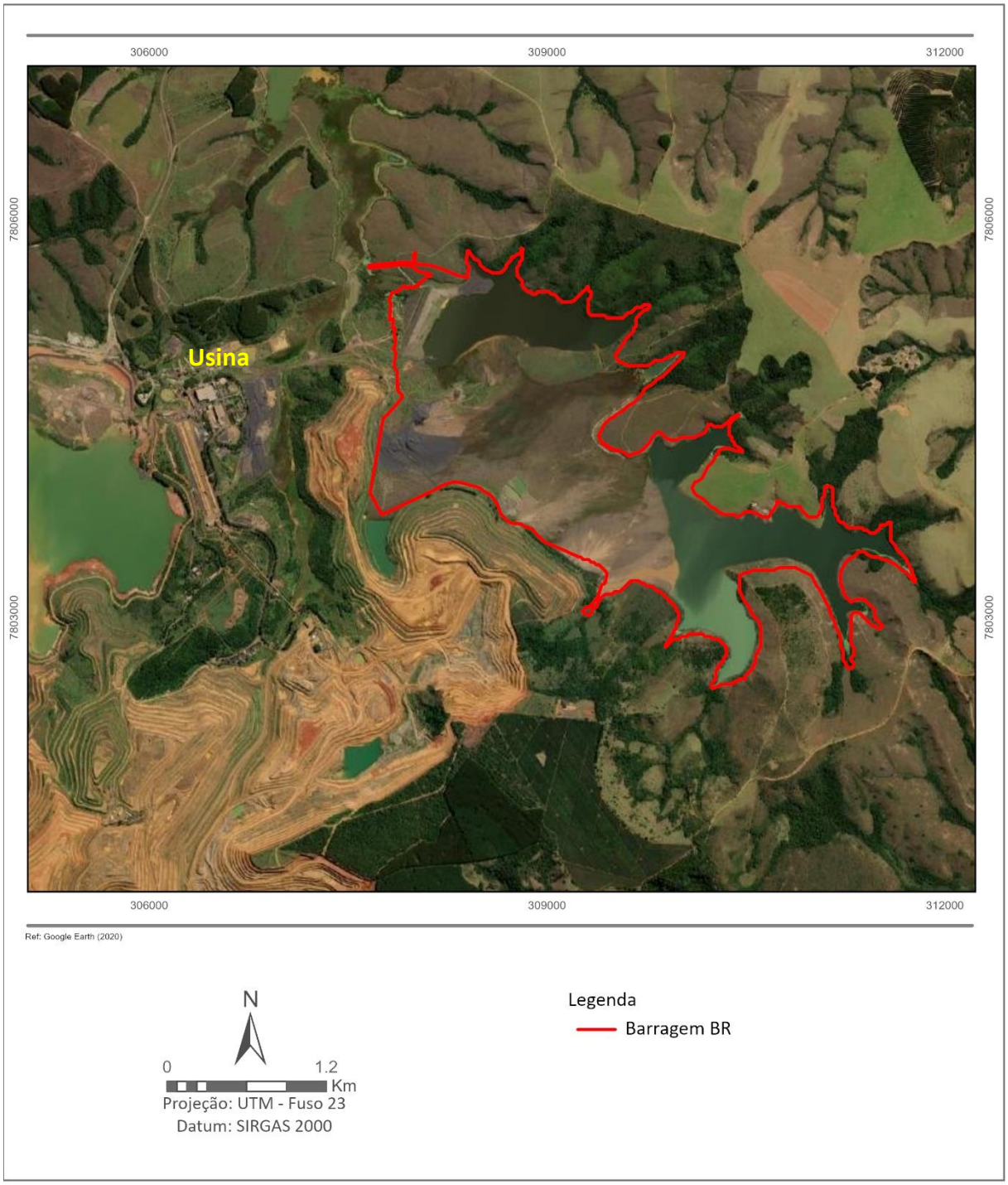


Figura 4.14 – Posição relativa da barragem BR.

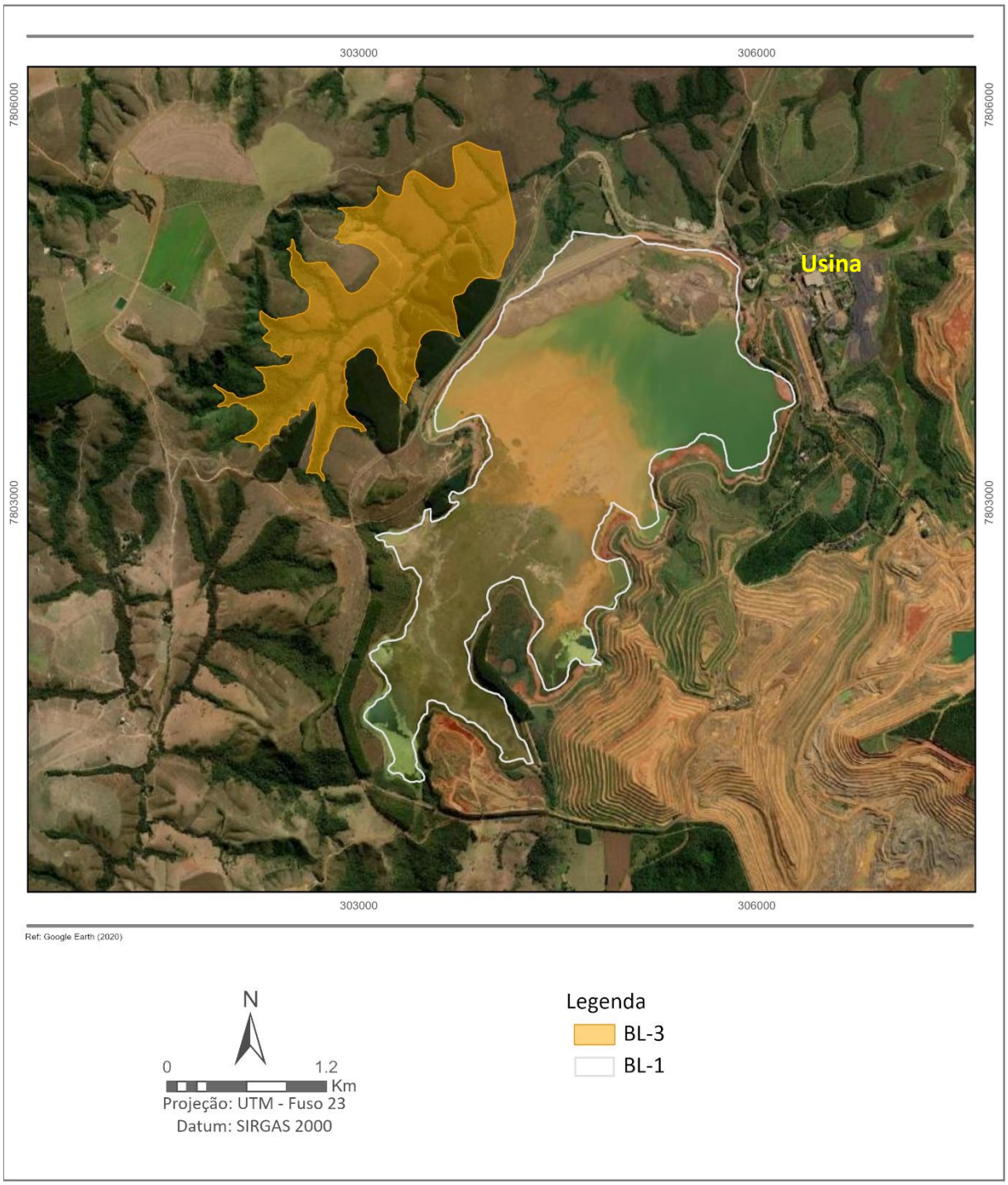


Figura 4.15 – Posição relativa da barragem BL-3.

É importante ressaltar que, ao altear uma estrutura já existente, consegue-se minimizar a possibilidade de interferência nos fluxos hídricos, além de reduzir significativamente a área de supressão vegetal.

Considerando esse cenário, a área diretamente impactada para o alteamento da barragem BR será, aproximadamente, 77 ha e, para o caso da BL-3, é aproximadamente 203 ha.

Para este estudo utiliza-se um estudo comparativo pormenorizado de vantagens e desvantagens entre a alternativa de alteamento de uma barragem e a construção de outra. O **Quadro 4.11** ilustra a matriz do estudo comparativo.

Quadro 4.11 – Matriz de estudo comparativo.

CRITÉRIO	PONTUAÇÃO	
	Alternativa 1- Alteamento da Barragem BR	Alternativa 2- Construção de outra barragem
Maior capacidade para acumulação ou disposição no reservatório	2	2
Menor significância de interesse ambiental a jusante	2	2
Menor nível de ocupação humana a jusante	2	2
Menor concentração de instalações a jusante	2	2
Proximidade e facilidade de integração à planta industrial	3	1
Possibilidade de aproveitamento parcial de estruturas de disposição existentes ou de integração ao sistema existente	3	1
Menor desmatamento de vegetação nativa	3	1
Total	**17**	**11**

O resultado da matriz acima ilustra ser mais viável em termos técnicos, econômicos e ambientais, o alteamento da barragem BR quando comparado à construção de outra estrutura. Outras condições reforçam a escolha dessa alternativa, tais como:

a) Condição do meio físico local

O alteamento da barragem implica em um impacto menor, pois a maior parte de sua área já está antropizada.

b) Aspecto socioambiental

A área de supressão vegetal nativa é menor em relação à área de influência.

c) Aspectos de viabilidade econômica

A área necessária para alteamento está situada em área de propriedade da Mosaic Fertilizantes, não demandando aquisição de terras ou desapropriação de terceiros.

d) Aspectos técnicos operacionais e de segurança

As condições operacionais e de segurança serão as mesmas. Existe um sistema denominado de SIGBAR que permite gerenciar as informações de segurança das barragens utilizando as melhores práticas da engenharia.

5 CARACTERIZAÇÃO DO ALTEAMENTO DA BR

Como já mencionado, atualmente o maciço da Barragem de Rejeitos BR está na cota de 1.200 m. O projeto de alteamento prevê a instalação do maciço na cota de 1.210 m e uma borda livre de 6,10 m, ou seja, a ocupação do reservatório deverá atingir a cota de 1.203,9 m.

O **Quadro 5.1** apresenta um resumo com as principais características da barragem atual e em sua configuração futura.

A **Figura 5.1** ilustra imagem de satélite da atual situação da barragem e a **Figura 5.2** a seção transversal do maciço após o alteamento.

Quadro 5.1 - Características da Barragem de Rejeitos – BR.

Dimensões	Atual	Futura
Cota do maciço (m)	1.200	1.210
Método construtivo	Linha de centro	Linha de centro
Cota do N.A. máxima (m)	1.194	1.204
Largura da crista (m)	10	8
Cota da soleira do extravasor (m)	1.193	1.202
Altura do Maciço (m)	61	71
Área (ha)	426,22	501,86
Área a ser acrescida	75,64 ha	

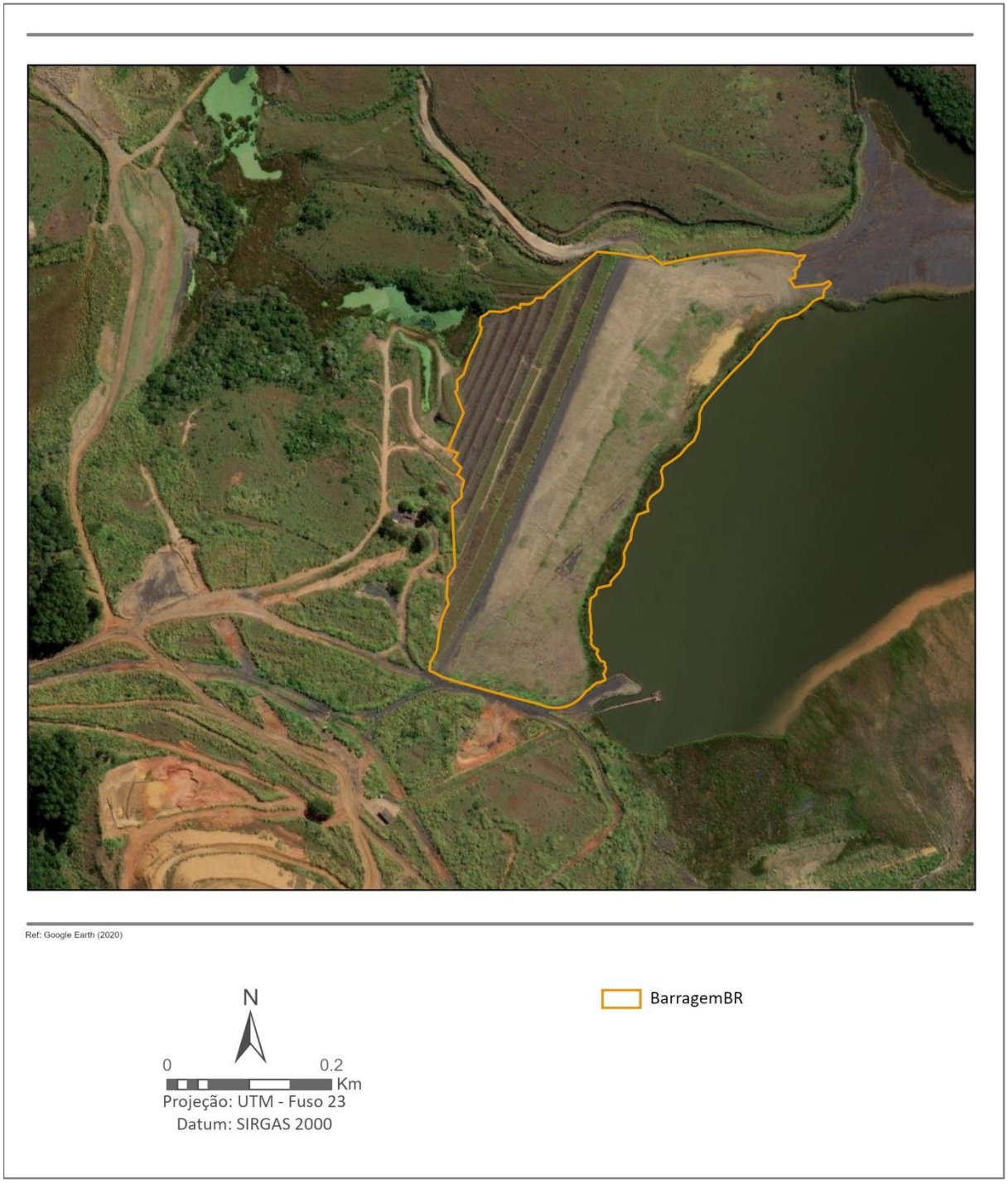
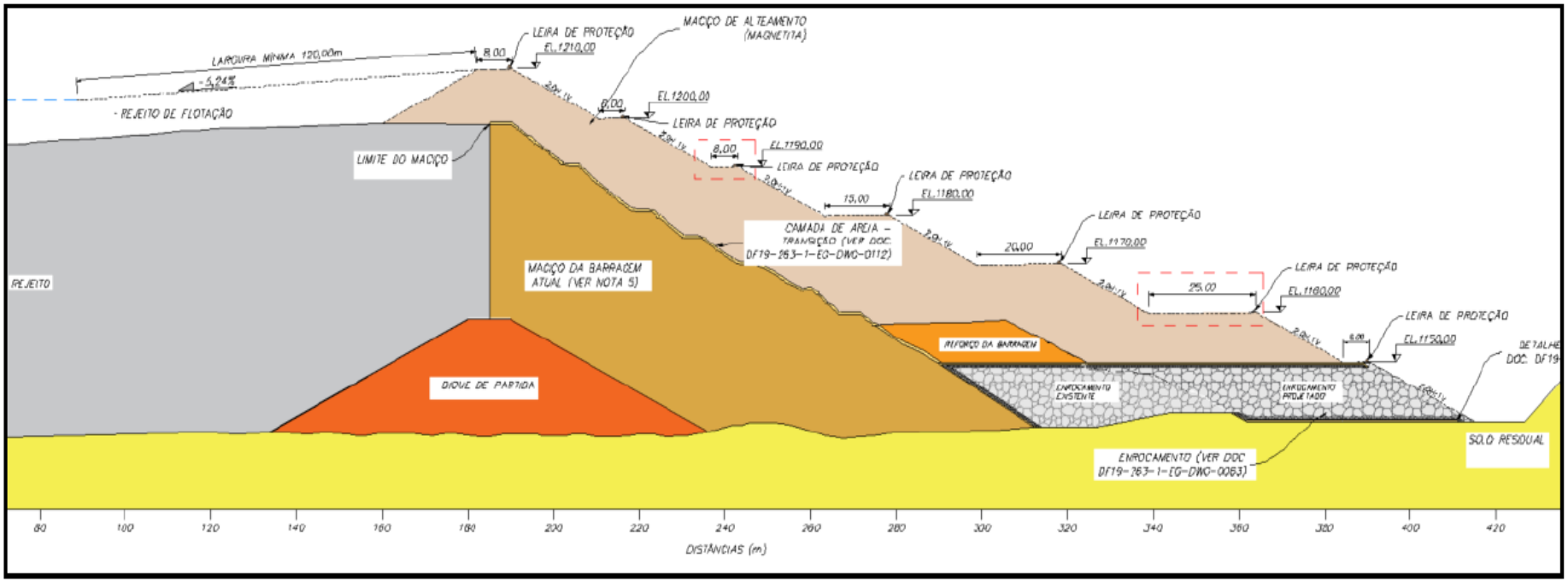


Figura 5.1 – Representação esquemática da situação atual da Barragem BR.



Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

Figura 5.2 – Seção Transversal do maciço alteado na cota 1.210 m.

5.1 PROJETO DE ALTEAMENTO – COTA 1.210 M

Os projetos conceitual e detalhado foram elaborados pela empresa DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos, visando o alteamento do maciço em etapa única para a cota de 1.210 m.

Os projetos foram baseados em uma consolidação detalhada do histórico, sondagens, ensaios de laboratório e instrumentação existentes. Os dados foram tratados e consolidados estatisticamente. Foram levantados dados detalhados a respeito dos parâmetros drenados e não drenados. A drenagem interna dimensionada com base em análises de percolação e também da instrumentação existente. A drenagem superficial visando sempre a diminuição da percolação da água de chuva pelo maciço e também a diminuição dos processos erosivos nas ombreiras da barragem.

A seguir apresentam-se os principais aspectos técnicos considerados no projeto, sendo o projeto executivo apresentado na íntegra no **Anexo B**.

5.1.1 Parâmetros

Abaixo são apresentados alguns dos parâmetros do projeto de alteamento da Barragem BR:

Parâmetros Básicos do Projeto

- Alteamento do maciço será realizado em etapa única para a elevação 1.210 m;
- Método de alteamento a ser empregado será de Linha de Centro;
- Material utilizado para o alteamento: Magnetita.

Parâmetros Geométricos

- Largura mínima de berma: 5,0 m;
- Altura máxima entre bermas: 10,0 m;
- Inclinação da Berma: 2%, em declive de jusante para montante;
- Inclinação dos Taludes: 2H:1V.

5.1.2 Etapas de Alteamento

O alteamento do maciço em 10 metros, pelo método de linha de centro, será realizado em etapa única que, contudo, envolve uma série de outras atividades que serão desenvolvidas por etapas, conforme a **Figura 5.3**.

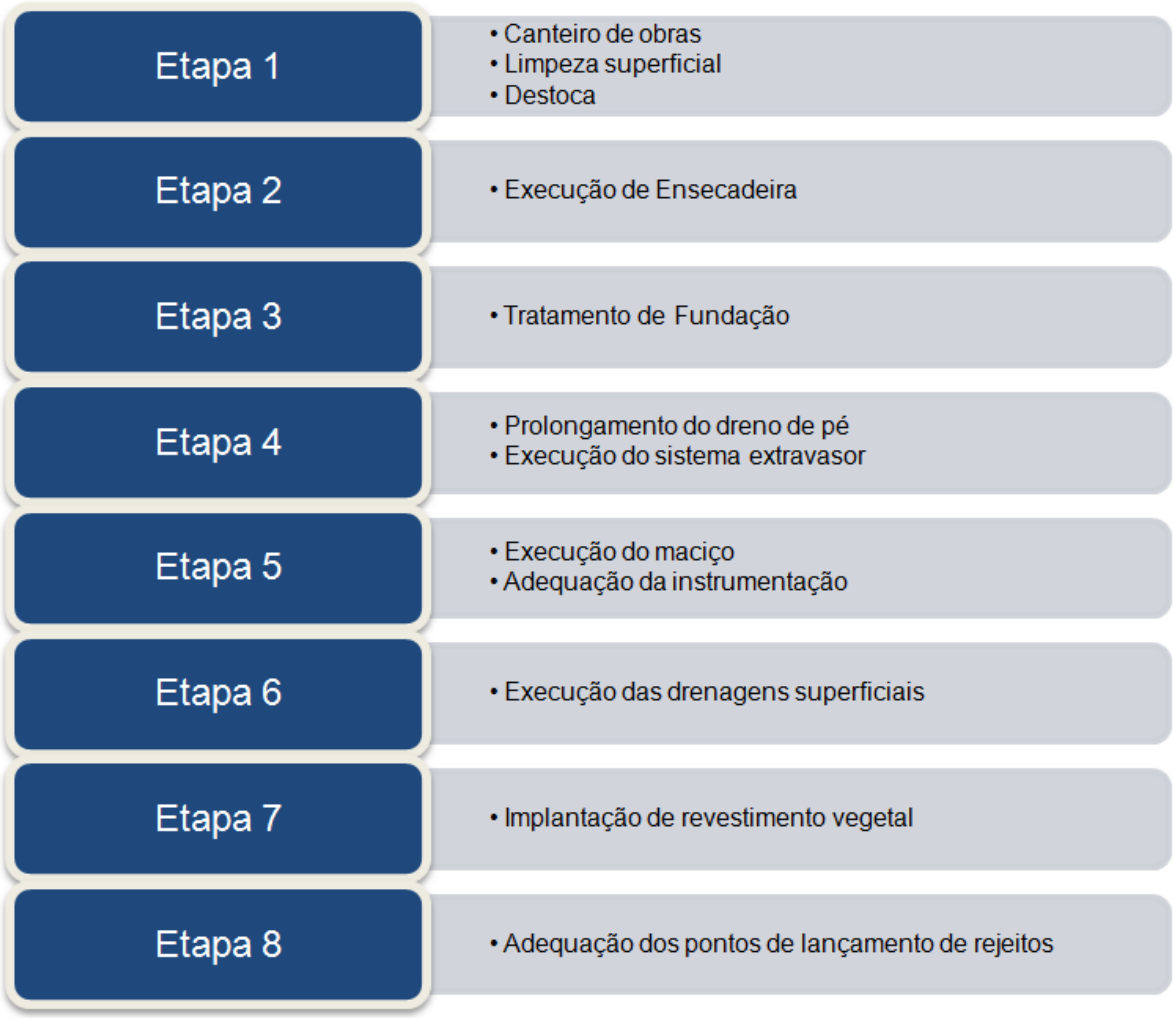


Figura 5.3 – Etapas de execução do alteamento da barragem BR.

O maciço deverá apoiar-se em terreno natural competente. O tratamento de fundação previsto consiste na remoção da vegetação arbustiva e limpeza de *topsoil* com espessura de até 30 cm.

Haverá a uma etapa de revegetação, conforme **Figura 5.4**, por se tratar de uma medida favorável à manutenção da estabilidade física da Barragem BR, uma vez que a implantação de uma camada de cobertura vegetal nos taludes de jusante fornece proteção contra a erosão superficial do maciço. Propõe-se o plantio de espécies herbáceas de rápido crescimento, capazes de proteger o solo contra a erosão e fornecer o aporte de nutrientes necessários ao substrato. A implantação da vegetação deverá ocorrer preferencialmente no início do período chuvoso.

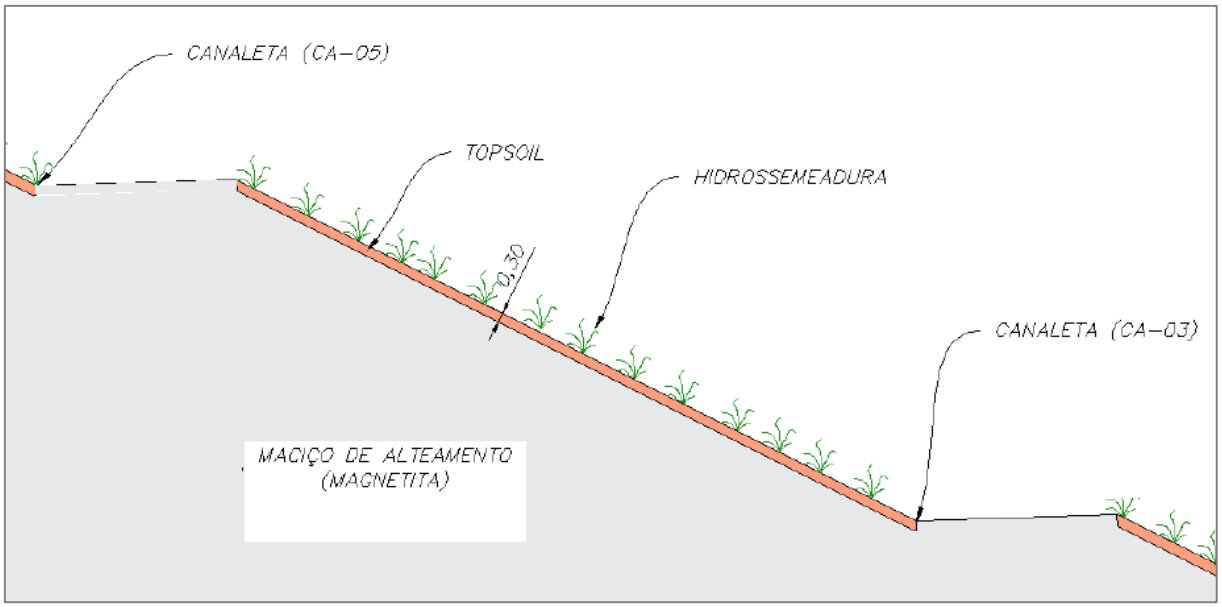


Figura 5.4 – Seção representativa do topsoil e hidrossemeadura projetados.

5.1.3 Infraestrutura

Para a implantação e operação do projeto de alteamento da Barragem BR, a Mosaic Fertilizantes irá disponibilizar uma área que servirá como apoio para a execução do alteamento da barragem.

Os itens a seguir descrevem as estruturas de apoio previstas para as etapas para execução do alteamento.

5.1.3.1 *Canteiro de Obras*

O canteiro de obras será constituído de unidades físicas que contemplem rede elétrica e adutora para fornecimento de energia elétrica e água à obra, escritórios, banheiros, refeitório, oficina, almoxarifado, laboratório de controle tecnológico e demais infraestrutura necessária ao bom andamento da obra, todos os itens atendendo às diretrizes das legislações vigentes.

5.1.3.2 *Caminhos de Serviços*

Além das estruturas físicas, a execução das obras também contará com a implantação de caminhos de serviços por onde transitarão os veículos responsáveis pelas atividades de destocamento e limpeza, remoção e estocagem de solo vegetal, cargas e transportes de solos, lançamentos, espalhamentos e compactação de solos, recargas e transportes de solos estocados, bem como das atividades de recuperação das áreas após a execução das obras.

5.1.3.3 *Bota-fora*

Os materiais considerados inadequados deverão ser separados e destinados para áreas de bota-fora, com os devidos cuidados para evitar danos às áreas e obras adjacentes.

5.1.4 Mobilização de equipe e equipamentos

Dentre os procedimentos prévios para a execução das obras está a etapa de mobilização da equipe e dos equipamentos de trabalho. Dentre os profissionais envolvidos no projeto, será fundamental a presença de equipe de topografia capacitada e equipamentos topográficos adequados para a locação e apoio à obra. Esta equipe irá dar apoio aos serviços de marcação de "offsets", locação da elevação, escavações, aterros, locação de estruturas e vias de acesso, medição de materiais de empréstimo e o levantamento como construído ("as built").

Na etapa de mobilização, os procedimentos necessários para garantir a boa execução da obra serão os seguintes:

- Transporte dos equipamentos, maquinários e materiais ao local da obra;
- Contratação ou deslocamento de mão de obra já contratada para o local da obra;
- Treinamento da mão de obra;
- Acomodação da mão de obra em alojamento, se necessário;
- Montagem de rede elétrica e adutora para fornecimento de energia elétrica e água à obra;
- Montagem do canteiro de obras, contemplando escritórios, banheiros, refeitório, oficina, almoxarifado, laboratório de controle tecnológico e demais infraestrutura necessária ao bom andamento da obra, sendo que estes itens deverão atender todas as diretrizes das legislações vigentes;
- Montagem do ponto de abastecimento de caminhão-pipa;
- Abertura de acessos ao canteiro e local da obra.

O **Anexo C** apresenta o quantitativo estimado para as diferentes etapas de implantação do projeto, incluindo equipamentos, equipe técnica e execução dos trabalhos.

5.2 ESTRUTURAS DA BARRAGEM

5.2.1 Parâmetros

Abaixo são apresentados alguns dos parâmetros para o dimensionamento das estruturas para o alteamento da BR:

Parâmetros de Dimensionamento de Estruturas

- Manutenção da vazão mínima residual a jusante da Barragem de Rejeitos BR de 428 m³/h durante o período de operação, conforme dados de Hidrosistemas/COPASA (1993);
- Vazão média de longo termo afluente à Barragem de Rejeitos BR de 1.471 m³/h, conforme dados de Hidrosistemas/COPASA (1993);
- Série de vazões afluentes obtida por meio de transformação chuva-vazão a partir de dados de estação pluviométrica próxima ao local do empreendimento;
- Captação de água no reservatório de 3.000 m³/h até 2027; após tal período, foi considerada a captação máxima possível durante o período de operação, visando suprir toda a necessidade da usina.

5.2.2 Aspectos Construtivos

5.2.2.1 *Borda Livre*

A borda livre de uma barragem corresponde a distância vertical entre o nível da água dos rejeitos e a crista do barramento, sendo um fator de segurança por garantir que não haverá transbordamento de material. No caso da BR, a borda livre adotada será de 6,1m.

5.2.2.2 *Sistema Extravasor*

O sistema extravasor é um dispositivo que garante a transferência segura de água do reservatório para jusante da barragem. A BR contará com uma torre extravasora com dissipação de energia devido à altura elevada da barragem. A torre do extravasor terá soleira no nível 1.202 m.

As bacias de dissipação são estruturas que efetuam a dissipação de energia através do conceito de ressalto hidráulico ou por impacto através de estruturas nela inseridas. No projeto do sistema extravasor da Barragem BR, adotou-se a bacia de dissipação por ressalto hidráulico, cujo objetivo essencial consiste em fixar a posição do ressalto e reduzir seu comprimento, além de proporcionar, evidentemente, uma adequada eficiência na dissipação de energia.

O canal de restituição, trecho a jusante da bacia de dissipação, deverá ser construído com blocos lançados de enrocamento de diâmetros de aproximadamente 0,40 m e espessura dos enrocamentos deve ser de 0,80 m.

5.2.2.3 *Sistema de Captação de Água*

A captação de água da barragem serve para realimentar a usina de beneficiamento, sendo a captação realizada por meio de balsa flutuante, que oferece flexibilidade de posicionamento, sem necessidade de obras na ocasião dos alteamentos da barragem.

Com o alteamento da barragem, a captação deverá ser mudada de posição, passando para a ombreira direita, próxima do emboque do canal extravasor.

5.2.2.4 *Drenagem Superficial*

A drenagem superficial tem como objetivo conduzir adequadamente o volume de escoamento formado sobre as bermas, taludes e em no terreno natural nas ombreiras do maciço e pelo acesso. Este sistema será composto por:

- Canais de ombreira (CO), situados nas ombreiras esquerda e direita, que foram projetados em concreto armado. Têm a função de coletar o escoamento das bermas e de parte do terreno natural nas ombreiras do maciço, evitando o escoamento no contato da estrutura com o terreno;
- Canaletas de bermas (CA), situadas nas bermas, com declividade longitudinal de 1% e projetadas em concreto armado, coletando as vazões dos taludes e bermas e conduzindo-as até os canais periféricos; e

- Sarjetas triangulares de concreto (STC), localizadas nos acessos e nas duas últimas bancadas da barragem, que terão a função de coletar as vazões escoadas pelos acessos, taludes e bermas e direcioná-las para um local adequado de descarte.

5.2.2.5 *Drenagem Interna*

A drenagem interna será constituída por:

- Prolongamento do dreno de pé existente;
- Dreno de contato entre o maciço atual e o maciço projetado;
- Prolongamento do dreno existente na obreira esquerda; e
- Dreno de contato entre o maciço projetado e o solo de fundação nas ombreiras.

No trecho do canal extravasor existente, localizado na ombreira direita, haverá a execução de um dique de fechamento em solo compactado. Este dique deverá possuir dreno inclinado de areia, colchão drenante e dreno de pé a jusante

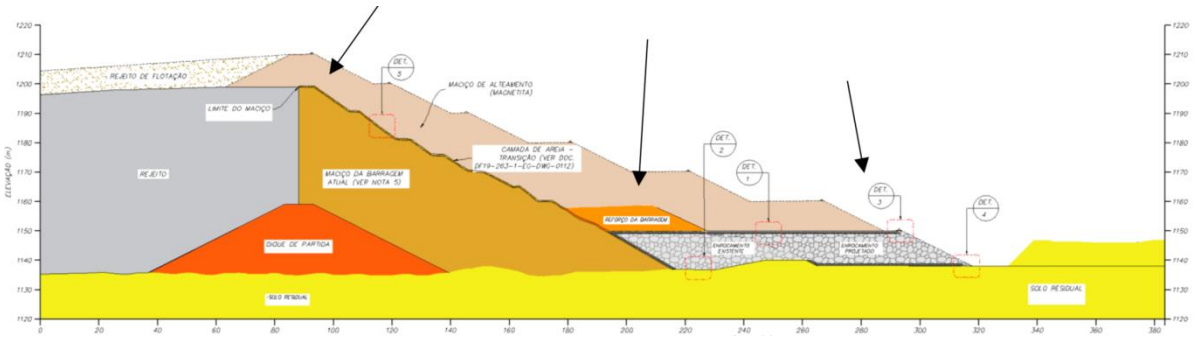


Figura 5.5 – Seção representativa da drenagem interna.

5.2.2.6 *Canal de Lamas*

O canal de lamas deve conduzir os rejeitos para lançamento dentro da barragem. Este canal terá seção geométrica trapezoidal escavado em solo (sem revestimento), com 3,0 m de base, 1,5 m de altura, declividade das paredes de 1H:1V e declividade longitudinal de 0,08%, conforme **Figura 5.6**.

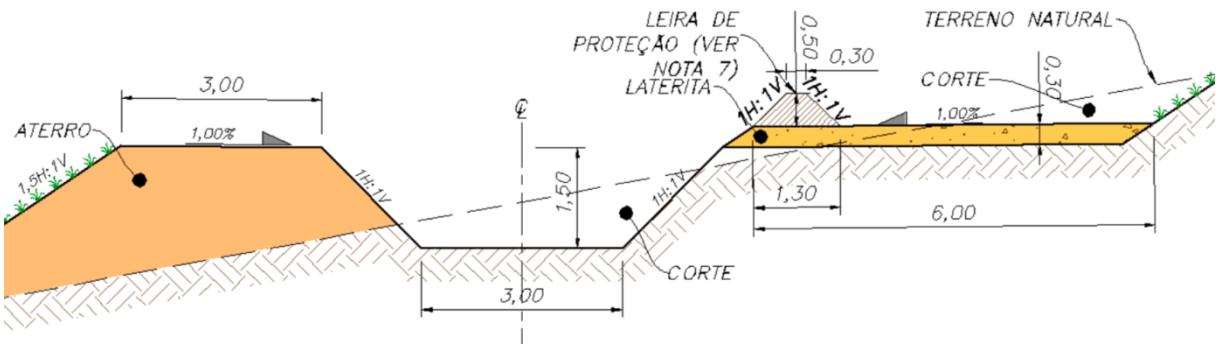


Figura 5.6 – Seção do canal de lamas.

5.2.2.7 *Sistema de Instrumentação e Segurança*

A barragem atualmente já conta com uma série de instrumentos para possibilitar o monitoramento da mesma. O sistema atual passará por algumas modificações, tais como:

- 14 indicadores de nível d'água existentes deverão ser prolongados;
- 3 indicadores de nível d'água existentes deverão ser mantidos;
- 2 indicadores de nível d'água existentes deverão ser desativados;
- 7 indicadores de nível d'água deverão ser instalados;
- 8 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser prolongados;
- 6 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser instalados;
- 1 piezômetro do tipo Casagrande deverá ser desativado;
- 8 marcos superficiais existentes deverão removidos;
- 3 marcos superficiais existentes deverão ser mantidos;
- 12 marcos superficiais deverão ser instalados;
- 2 medidores de vazão existentes deverão ser demolidos;
- 2 medidores de vazão deverão ser instalados;
- 1 régua linimétrica existente deverá ser removida;
- 1 régua linimétrica deverá ser instalada.

5.3 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS

A metodologia operacional a ser adotada para a disposição dos rejeitos será o lançamento dos rejeitos através do canal de lamas em uma elevação de 1.208 m, ou seja, 2 metros abaixo da crista da barragem e quase 4 m acima do nível de água máximo para possibilitar a sedimentação dos rejeitos.

5.3.1 Parâmetros

Abaixo são apresentados alguns dos parâmetros operacionais a serem adotados com o alteamento da Barragem BR:

Parâmetros Operacionais

- Percentual de sólidos na polpa 6,6%;
- Índice de vazios do rejeito depositado igual a 1,0;
- Densidade dos grãos igual a 3,2 t/m³;
- A taxa de geração de rejeito foi considerada constante ao longo da operação da Usina e foi adotada como o volume máximo a ser produzido de acordo com o LOM (*Life of Mining*), fornecido pela Mosaic, de 5.679.887 t/ano, referente ao ano de 2057;
- Declividade da superfície de rejeitos: 0,2% para a praia de rejeitos e 0,7% para o trecho submerso;
- Lançamento de rejeitos a partir do Canal de Lamas elaborado no projeto de alteamento (ver desenhos DF19-263-1-EG-DWG-0075 a DF19-263-1-EG-DWG-0086);
- Ponto de lançamento considerado na saída do Canal de Lamas, projetado para condução da polpa até o reservatório, com lançamento na elevação 1.208 m;

- Elevação da superfície de rejeitos limitada à elevação 1.210 m, correspondente à elevação do projeto de alteamento;
- Elevação da soleira do vertedouro posicionada na elevação 1.202 m, 8 m abaixo da crista da barragem;
- Após a água atingir o volume máximo do reservatório (NA na elevação 1.202,00 m), os volumes afluentes ao reservatório são considerados como vertidos pelo sistema extravasor, independente do volume;
- Taxa de assoreamento do reservatório igual a 289,15 m³/ha/ano, considerando os sedimentos provenientes da área da bacia hidrográfica de contribuição, correspondente à 14,86 km²; com exceção do espelho do reservatório, que não gera sedimentação.

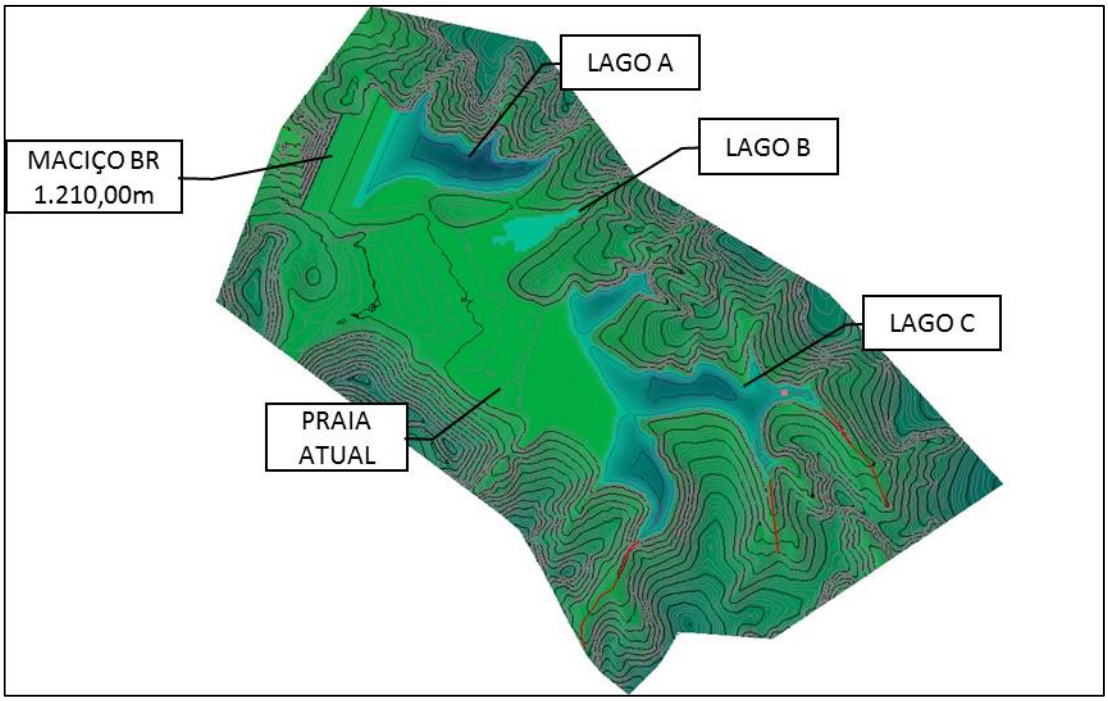
5.3.2 Lançamento de Rejeitos

O estudo de disposição dos Rejeitos foi realizado pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos. Seus resultados foram apresentados em junho de 2020, no relatório DF19-263-1-EG-RTE-0002. No estudo foi projetada uma superfície da praia de rejeitos esperada ao longo da ocupação do reservatório, de modo a compreender a sedimentação do rejeito ao longo da operação da Barragem BR.

A sedimentação do material se dá desde o ponto de lançamento até o fundo do lago formado pelo barramento, formando-se assim uma superfície de rejeitos emersa, denominada praia de rejeitos.

Conforme apresentado no relatório, a sedimentação do rejeito no reservatório é função das características geotécnicas do material aliadas às condições hidráulicas do lançamento dos efluentes e, portanto, a definição da formação de rejeitos da disposição deve levar em consideração a caracterização do material a ser disposto.

A superfície de rejeitos foi obtida por meio de simulação com os softwares RIFT TD, desenvolvido pela Rift Software, e Civil 3D, desenvolvido pela AutoDesk, para obtenção do modelo digital do terreno a partir da topografia e da batimetria fornecidas pelo software. Na **Figura 5.7** é apresentado um modelo digital da superfície de rejeito no reservatório, obtido com o RIFT TD.

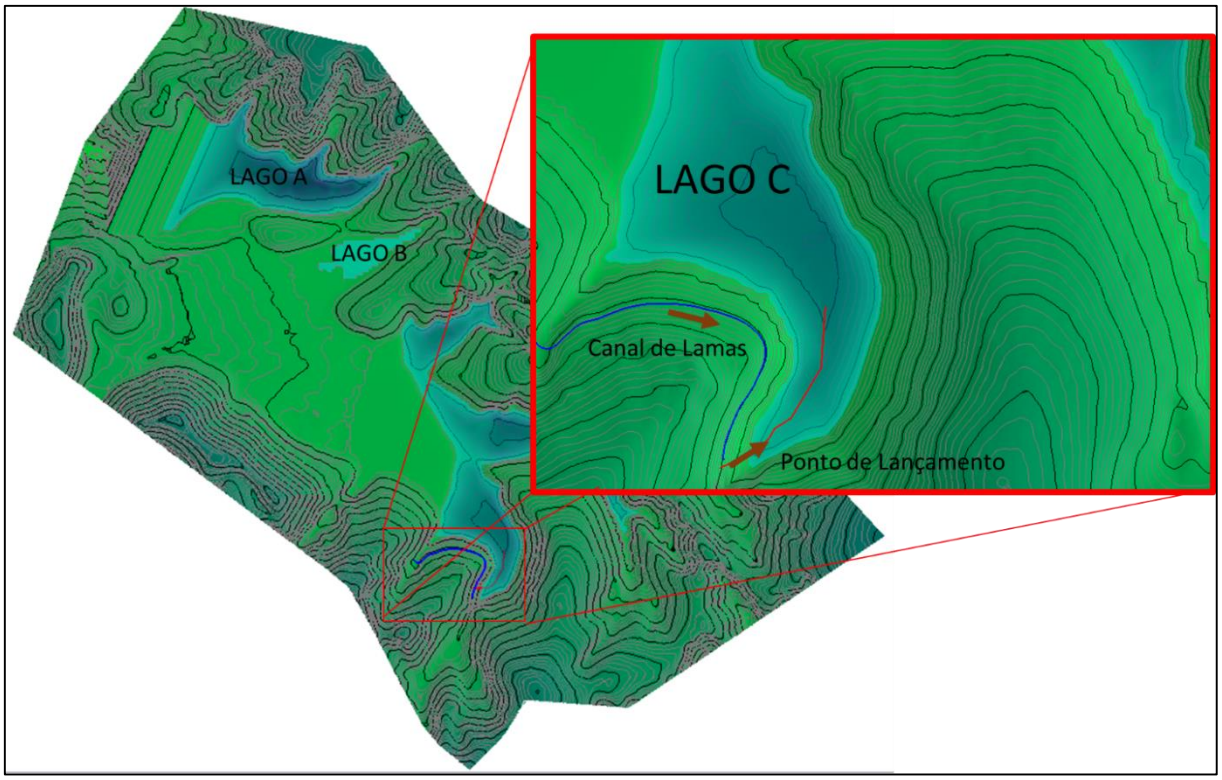


Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

Figura 5.7 – Modelo digital de terreno já com o maciço na elevação 1.210,0 m (*software* RIFTTD).

Para realizar a análise de disposição de rejeito no reservatório, foram utilizados dados dos ângulos de disposição do material da Barragem BL1, que atualmente recebe o material fino proveniente da operação da planta, o qual passará a ser disposto no reservatório da Barragem BR.

A superfície do rejeito depositado foi projetada a partir do ponto de saída do Canal de Lamas, no ponto de melhor aproveitamento volumétrico do reservatório. A **Figura 5.8** apresenta a localização do Canal de Lamas projetado.



Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

Figura 5.8 – Canal de Lamas (azul) e alinhamento da projeção do rejeito no reservatório (vermelho).

Com base nos resultados obtidos, observou-se que o reservatório comporta 42,36Mm³ de sólidos afluentes ao longo de 12 anos de operação, com rejeitos sendo lançados de outubro/2027 até outubro/2039. Desse montante, tem-se 38,21Mm³ de rejeitos adensados e 4,15 Mm³ de sedimentos provenientes do terreno no entorno da estrutura.

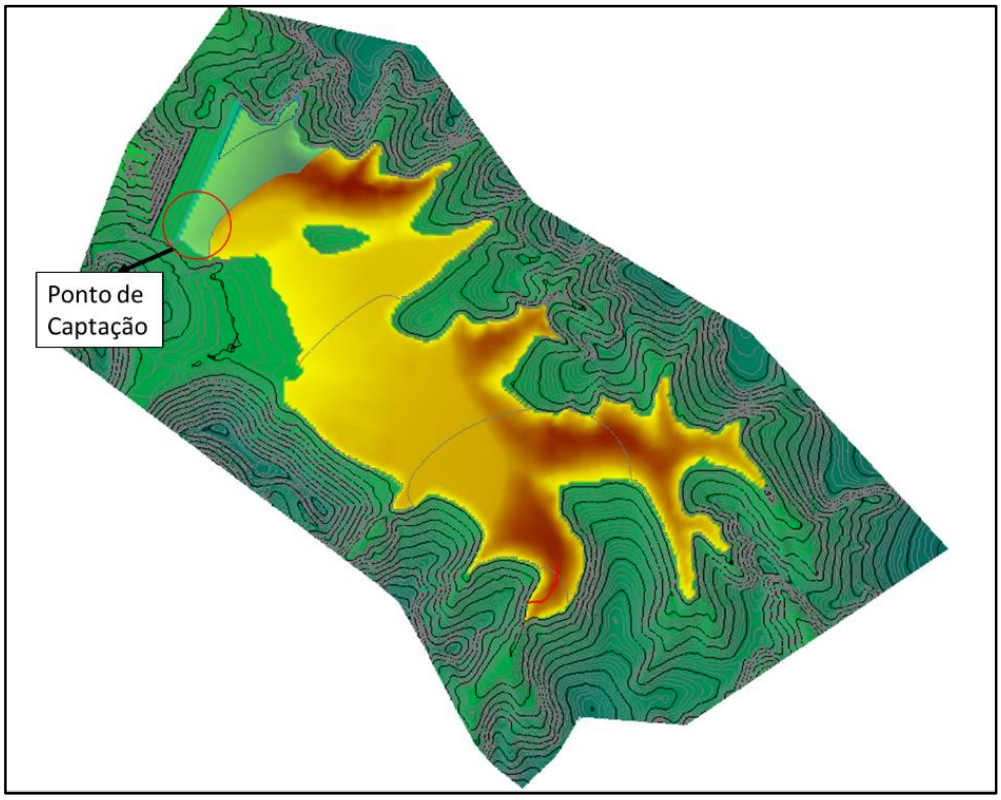
5.3.3 Captação de Água

A análise de captação de água no reservatório foi realizada por meio de estudo do balanço hídrico na barragem, realizado pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos, que possibilitou prever a relação esperada entre os volumes afluentes (entrada no sistema) e efluentes (saída do sistema) no reservatório da Barragem BR.

Os volumes afluentes de água são provenientes da precipitação sobre a bacia de contribuição, volume de rejeitos lançados e sedimentos depositados. Os volumes afluentes considerados são os necessários à restituição da vazão residual e de captação para a utilização da planta de beneficiamento. Ambos, afluentes e efluentes, foram obtidos de dados secundários.

A partir dos dados de entrada e saída de água no sistema, a simulação do balanço hídrico do reservatório da barragem de rejeitos foi realizada com o auxílio do programa computacional *GoldSim*. Foram realizadas duas análises frente ao bombeamento de água do reservatório para utilização na Usina, sendo uma no período de pré-operação (2020-2027) e outra no período de operação (2027-2039).

O reservatório apresentou disponibilidade hídrica para o período de pré-operação a uma vazão constante de 1.000 m³/h, valor obtido por meio de tentativas nas simulações. Já para o período de operação da barragem para retenção de rejeitos, no qual tem-se uma afluência de água de aproximadamente 9.000 m³/h (78,61 x 10^6 t/ano), o reservatório apresentou disponibilidade hídrica, não tendo problema na captação dessa vazão para a Usina.



Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

Figura 5.9 – Ponto de captação de água.

5.3.4 Manutenção da Praia de Rejeitos

A praia de rejeitos deve manter uma largura mínima de 120 m. Este valor foi definido em função de análises de percolação e estabilidade da estrutura.

Para garantia e manutenção da largura mínima de praia, poderá ser necessário a regularização da praia através de equipamentos. Não há necessidade de compactação deste material.

5.3.5 Acessos

Para garantir acesso de veículos leves a todas as bermas, haverá a implantação de acessos intermediários interligados ao acesso pela ombreira esquerda, até próximo do pé da estrutura.

Pela ombreira direita haverá um acesso a partir da crista que interligará o acesso existente adjacente na ombreira direita.

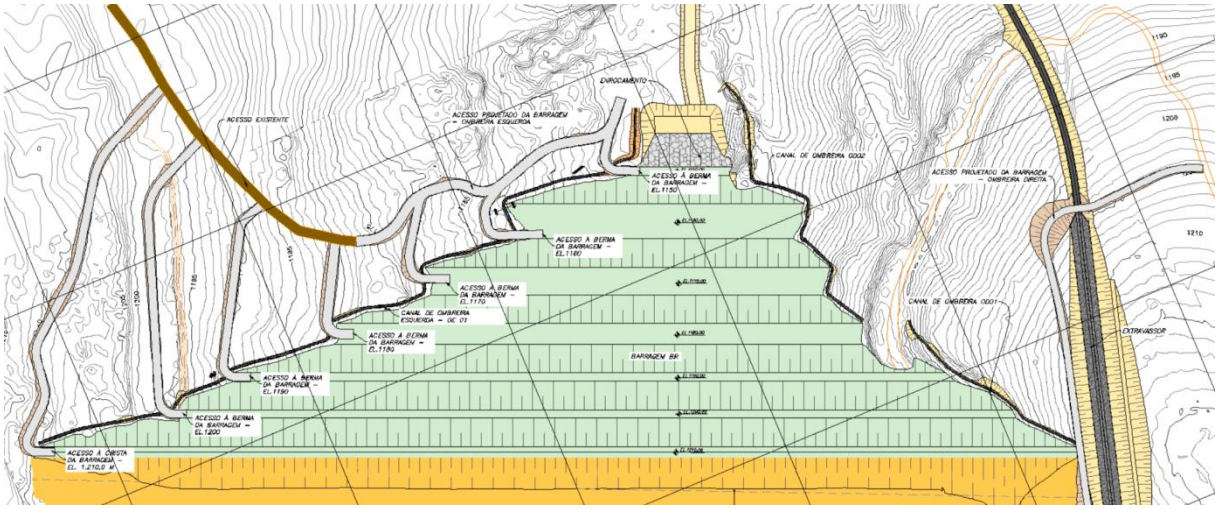


Figura 5.10 – Localização dos acessos projetados.

5.4 SEGURANÇA DA BARRAGEM

A segurança de uma barragem está relacionada aos aspectos de projeto, construção, instrumentação, inspeção, operação e manutenção. Na fase de projeto, é indispensável que seja feita uma investigação geotécnica da área, considerando principalmente a geologia local e o estudo sísmico da região. Sendo assim, todos os relatórios técnicos ou os memoriais descritivos dos projetos apresentam as análises de estabilidade realizadas, desde o dique inicial até o alteamento para cota 1.210 m.

Para as análises de Percolação e Estabilidade, foi elaborado um modelo computacional baseado nas investigações geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos. O modelo computacional utilizou o software *Slide* da empresa *Rocscience*. O modelo levou em consideração os estudos de percolação e estabilidade calibrados através da instrumentação existente na BR e o histórico de leituras realizadas ao longos dos dois últimos anos.

Foram analisadas 6 seções para verificar a estabilidade e percolação da barragem. Além disso, simularam-se diversas situações de condição drenada e não-drenada, além de simular efeito sísmico. O **Quadro 5.2** apresenta os resultados obtidos de Fator de Segurança (FS) para cada situação por seção.

Quadro 5.2–Análise de percolação e estabilidade por seção para BR na cota1.210 m.

Condição da análise			Fator de Segurança (FS)					
			Seção A-A’	Seção B-B’	Seção C-C’	Seção D-D’	Seção E-E’	Seção F-F’
Rejeito com parâmetros de resistência drenada	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,5					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,5					
	FS obtido	Circular	1,82	2,07	2,05	2,04	1,91	1,96
		Não circular	1,77	2,05	2,06	2,04	1,92	2,00

Condição da análise			Fator de Segurança (FS)					
			Seção A-A'	Seção B-B'	Seção C-C'	Seção D-D'	Seção E-E'	Seção F-F'
Rejeito saturado com resistência não drenada de pico $Su_{(pico)}/\sigma'_v$	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,3					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,5					
	FS obtido	Circular	1,82	2,07	1,97	1,89	1,77	1,96
		Não circular	1,77	2,05	1,97	1,90	1,78	2,00
Rejeito saturado com resistência não drenada liquefeito $Su_{(pico)}/\sigma'_v$	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,10					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,25					
	FS obtido	Circular	1,82	2,09	1,28	1,26	1,32	1,96
		Não circular	1,88	2,10	1,28	1,25	1,28	2,00
Rejeito saturado com resistência não drenada de pico com sismo $Su_{(pico)}/\sigma'_v$	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,10					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,10					
	FS obtido	Circular	1,37	1,51	1,40	1,34	1,28	1,44
		Não circular	1,33	1,50	1,40	1,33	1,29	1,49

Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

Observa-se que em todas as seções o fator de segurança atingido foi superior ao preconizado pelas normas brasileiras.

Para mitigar o modo de falha de liquefação dos rejeitos de magnetita, a DF+ propôs:

- Manter a geometria do maciço que garanta um $FS_{mín}$ de 1,25, para todas as seções instrumentadas nas análises de estabilidade mobilizando a resistência liquefeita dos materiais;
- Execução de aterro experimental utilizando o rejeito de magnetita, com o intuito de mostrar que é possível controlar a densidade deste material e atingir graus de compactação mínimos exigidos pela especificação técnica construtiva.

Ressalta-se que o $FS_{mín}$ de 1,25 é superior ao mínimo recomendado no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas Pelo Método de Montante, SEMAD/FEAM n° 2781 de 21 de março de 2019 (valor recomendado de 1,1).

5.5 MELHORIAS DE PROJETO

Este item se propõe a analisar as principais diferenças entre o projeto anteriormente apresentado para o alteamento até a cota 1.205 m e o atual projeto para alteamento da crista para cota 1.210 m. Foram implementadas melhorias no projeto de alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210 m em termos de otimização de ocupação do reservatório,

estabilidade física, segurança hidráulica e impactos ambientais em comparação ao projeto anterior de alteamento que foi elaborado para a elevação 1.205 m.

As legislações vigentes na época da elaboração de cada projeto eram distintas e as premissas de projeto não foram as mesmas. Desta forma, ressalta-se que o projeto elaborado anteriormente atende aos conceitos técnicos e as premissas estabelecidas na época para execução de projeto em nível detalhado de alteamento.

Foi elaborado o plano de ocupação do reservatório através do lançamento de rejeitos de lamas + finos. Simularam-se vários pontos de lançamento em diversas elevações, porém todas abaixo da elevação da crista (1.210 m), para garantir a máxima ocupação do reservatório sem interferir com a soleira do extravasor e garantindo a vazão mínima a ser captada do reservatório para recirculação do processo industrial através de um balanço hídrico.

Outra premissa do estudo, foi de garantir um lago único para a estrutura, retirando o seccionamento existente atualmente.

A Área Diretamente Afetada (ADA) resultante apresentou um menor impacto do que o projeto anterior (alteamento 1.205 m). Os fatores preponderantes foram não realizar um estudo hidrostático (como realizado para a cota 1.205 m), a alteração do material para rejeito grosso e de lamas + finos, e o ponto de lançamento nunca ser superior à elevação da crista (1.210 m), sendo que o projeto anterior possuía lançamento em pontos superiores a 1.220 m.

Outra premissa de extrema importância para uma menor área alagada, se deve à alteração do tipo de rejeito acumulado, onde o rejeito de lamas + fino apresenta uma granulometria mais fina e, com isso, ângulos de disposição mais suaves, garantindo assim uma ocupação mais homogênea do reservatório. Ademais, foram avaliados diversos pontos de lançamento com elevações que não ultrapassassem a elevação da crista (1.210 m) e foi escolhida a alternativa que apresentou o maior volume de reservatório.

As melhorias que foram implementadas no maciço em relação ao projeto anterior foram: aumento da largura das bermas intermediárias; drenagem superficial ao longo de todo o talude de jusante; acessos por ambas as ombreiras; análises de estabilidade para atendimento à condição liquefeita; dimensionamento do dreno de pé considerando o maciço em sua elevação final (crista na cota 1.230 m).

Houve melhorias significativas no projeto de alteamento da Barragem BR, que visaram, dentre outros aspectos, aumentar a segurança física da estrutura em termos de estabilidade geotécnica, a segurança frente à passagem de cheias decamilenares e diminuir o impacto ambiental durante a implantação do projeto.

A seguir apresentam-se as diferenças entre os projetos. Pode-se observar que o projeto contempla as melhores práticas de engenharia, tanto estruturais, quanto de disposição de rejeitos, e atende as legislações mais atuais no âmbito da engenharia de barragens.

Quadro 5.3–Comparativo entre as análises de estabilidade para os projetos.

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
O relatório executivo do projeto não apresenta uma consolidação detalhada do tratamento dos	Como parte do projeto executivo de alteamento, foram levantados todos os dados existentes de investigações geotécnicas anteriormente

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
dados (Instrumentação existente e Parâmetros Geotécnicos) apresentados e utilizados.	realizadas, histórico da barragem, Instrumentação existente e análise da mesma dos últimos três anos.
Análise sucinta do rejeito do reservatório, não distinguindo o rejeito de flotação, da magnetita do maciço, com relação ao potencial de liquefação de ambos.	Análise detalhada da susceptibilidade à liquefação, tanto do rejeito do reservatório quanto da magnetita do maciço, através das metodologias mais usuais e atuais, analisando sondagens SPT, curva granulométrica, sondagens CPTu e ensaios triaxiais do material.
Considerou-se apenas a parcela a montante do maciço com susceptibilidade a liquefação.	A partir da verificação acima relatada, concluiu-se que tanto o rejeito de flotação barrado no reservatório, quanto a magnetita do maciço são susceptíveis a liquefação.
Parâmetros de resistência drenados adotados de forma sucinta, não sendo explicitadas nem apresentadas as curvas tensão deformação ou trajetória de tensões.	Parâmetros de resistência adotados com base nos ensaios triaxiais adensados não drenados existentes, correlações existentes e mais atuais com as sondagens SPT e CPTu, trabalhadas estatisticamente e adotando os resultados do primeiro quartil.
Parâmetros de resistência não drenados de pico não apresentados, e liquefeito adotado de forma aproximada, não havendo tratamento de dados.	Parâmetros de resistência não drenados, tanto de pico quando liquefeito, adotados através de correlações com ensaios CPTUs e SPT, tratamento de dados estatísticos, com adoção do primeiro quartil.
Não foi verificada a estabilidade da barragem para a condição atual utilizando os parâmetros levantados.	Foram realizadas análises de estabilidade da barragem para a condição atual utilizando tanto parâmetros de resistência drenados como também parâmetros não drenados de pico, tanto para o rejeito do reservatório como para o maciço de magnetita.
Análises de estabilidade verificadas apenas para três seções (C, E e F), sendo a E central e a C e F, de ombreiras.	Análises de estabilidade verificadas para 6 seções transversais, perfazendo o maciço em seções centrais e de ombreira, inclusive seções acima da elevação 1200 m (atual).
Análise simples da percolação para a seção E, não detalhando a instrumentação, condições de contorno utilizadas, linha freática ou carga piezométrica obtidas.	Análise completa da percolação na seção central, detalhando as condições de contorno adotadas com base na instrumentação existente e visitas de campo, critérios de utilização da instrumentação existente, apresentação das cargas piezométricas obtidas, linhas de fluxo e linha freática.
Condições de estabilidade verificadas: • Condição drenada, de longo termo, com percolação normal;	Condições de estabilidade verificadas: • Rejeito de flotação do reservatório e magnetita do maciço com parâmetros de resistência drenada;

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
• Condição drenada, de longo termo, com obstrução parcial do sistema de drenagem interna; • Condição não drenada; • Condição o não drenada, pseudo-estática. **Nota 1**: O projeto para a EL. 1.205 m considerou que a drenagem interna da Barragem BR estava tal qual o seu projeto executivo inicial. **Nota 2**: Sismo horizontal: 0,05g Sismo Vertical: 0,03g	• Rejeito de flotação do reservatório e magnetita do maciço com resistência não drenada de pico Su(pico)/σ'v; • Rejeito de flotação do reservatório e magnetita do maciço saturados com resistência não drenada liquefeito Su(liq)/σ'v; • Rejeito de flotação do reservatório e magnetita do maciço saturados com resistência não drenada de pico com sismo Su(pico)/σ'v. **Nota 1**: A partir da análise e avaliação das sondagens executadas, não foram encontrados indícios suficientes para garantir que o sistema de drenagem interna da Barragem BR foi executado tal qual o seu Projeto inicial o apresenta. Com isso, não foi considerada, nas análises de estabilidade, a drenagem interna, sendo isso, portanto, a favor da segurança do projeto apresentado. **Nota 2**:O sismo adotado foi baseado na metodologia indicada na ANM 70.389/2017. Com isso, os valores encontrados foram os seguintes: Sismo horizontal: 0,10g Sismo Vertical: 0,06g
Análise de estabilidade com parâmetros de resistência não drenados de pico não realizada.	Análise de estabilidade com parâmetros de resistência não drenados de pico apresentadas para todas as seções geológico-geotécnicas levantadas.
Análise de estabilidade com parâmetros de resistência não drenados liquefeitos realizados apenas para o material pertencente a metade da porção do maciço em direção a montante do reservatório. **Obs.:** Adoção de Su(liq)/σ'v igual a 0,10.	Análise de estabilidade com parâmetros de resistência não drenados liquefeitos realizados, adotando tanto o maciço de magnetita, quanto o rejeito do reservatório como susceptíveis à liquefação. **Obs.:** Adoção de Su(liq)/σ'v para o rejeito do reservatório igual a 0,08 e para a magnetita do maciço igual a 0,06.
	Não há ainda nenhuma normativa que indique o fator de segurança mínimo a ser utilizado para o dimensionamento de maciços nesta condição, apenas o Termo de Referência Para Descaracterização de Barragens Alteadas pelo Método de Montante, SEMAD/FEAM n° 2781 de 21 de março de 2019, que indica um valor

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
	mínimo de 1,1 para estruturas em processo de descaracterização, mesmo não sendo alteada por montante. No entanto, a Mosaic, com o intuito de mitigar o modo de falha de liquefação com maior conforto, estabeleceu como premissa a adoção do fator de segurança mínimo de 1,25.

Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

Quadro 5.4–Comparativo da drenagem interna para os projetos.

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
• Dreno tipo sanduíche no canal extravasor atual, a jusante do eixo da barragem ao cruzá-lo; • Dreno tipo sanduíche, para continuidade do dreno existente na saída da galeria extravasora desativada, na ombreira esquerda da barragem e próxima da sua base; • Dreno tipo sanduíche ao longo de todo o contato entre o pé de jusante e o terreno natural. **Nota 1.** Atualmente, este sistema de drenagem interna seria inexequível, devido à obra de reforço na estrutura executada em 2019.	• A drenagem interna proposta para a Barragem BR é constituída pelo prolongamento do dreno de pé existente; • Dreno de contato com 50 cm de espessura em areia no contato do maciço projetado com as ombreiras, na porção de jusante até a elevação 1.185 m; • No contato do maciço de magnetita atual com o projetado, foi também proposta a execução de 30 cm de uma camada de areia, com o objetivo de servir como filtro e também como material de transição; • Prolongamento do dreno sanduíche existente na ombreira esquerda.
Não foi especificado como se deu o dimensionamento da drenagem interna.	Dimensionamento da drenagem interna realizado por meio das análises de percolação e leituras da instrumentação existente.
	Dimensionamento da drenagem interna elaborado considerando o alteamento máximo previsto para a estrutura (EL. 1.230 m).

Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

Quadro 5.5–Comparativo da drenagem superficial para os projetos.

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
Não são previstas obras de drenagem superficial na área de alteamento da barragem, a ser executado com magnetita.	São previstas canaletas para drenagem superficial, padrão DNIT, em todas as bermas do novo maciço, dimensionadas hidrologicamente de acordo com as chuvas de projeto indicadas nas legislações vigentes.

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
As bermas deverão ser horizontais na direção longitudinal e ter caimento transversal, no sentido do pé do talude de montante.	As bermas deverão ser horizontais na direção longitudinal e ter caimento transversal, no sentido do pé do talude de 1 a 3%, dificultando a infiltração e escoando a água para as canaletas de berma que devem ter caimento longitudinal igual a 1%.
No encontro do maciço de magnetita com o terreno natural, nas ombreiras, também prevê-se apenas pequenas valetas no terreno natural, dando continuidade à direção das linhas das bermas, e que auxiliarão no manejo da água.	No encontro do maciço de magnetita com o terreno natural são previstos canais de ombreira em concreto armado, dimensionados hidraulicamente, denominados "canal da ombreira esquerda" e "canal da ombreira direita", com o intuito de drenar toda a água proveniente das canaletas de berma, melhorando assim o escoamento pelo maciço e dificultando o surgimento de erosão nas ombreiras da barragem.
Nas laterais aterradas do canal extravasor, no seu trecho rápido, deverão ser instaladas lombadas com o solo argiloso, direcionando o fluxo das águas de superfície para dentro do próprio canal.	Ao longo das bermas de corte do canal extravasor, foi projetado drenagem superficial com canaletas concretadas padrão DNIT, com o intuito de escoar a água e dificultar o processo de erosão nos taludes.
-	De modo a dificultar a erosão nas ombreiras decorrentes do fluxo difuso ou concentrado devido à construção dos acessos, foi prevista a drenagem superficial em todos os acessos projetados com canaletas concretadas, padrão DNIT.

Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

Quadro 5.6–Comparativo do sistema extravasor para os projetos.

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
O canal será escavado em solo, com emboque na cota 1200,5 m, comprimento de 560 m, base com 4 m de largura, taludes com inclinação de 1V:1H, declividade longitudinal pouco inferior a 0,1%, com desemboque na transição para a escada em degraus na cota 1200 m.	• Sistema Extravasor (Canal de Aproximação) – Canal escavado com seção trapezoidal e revestimento em concreto projetado; • Sistema Extravasor (Canal Rápido) – Canal em seção retangular com revestimento em concreto armado; • Sistema Extravasor (Bacia de Dissipação) – Trecho em seção retangular com revestimento em concreto armado; • Sistema Extravasor (Canal de Restituição) – Trecho em seção trapezoidal com revestimento em enrocamento.

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
Caso sejam "cortados" veios de quartzitos pelo novo canal, há o risco de que ocorram infiltrações mais significativas da água que passa pelo leito do canal no terreno natural da ombreira, podendo provocar alterações na estabilidade da encosta, à semelhança do que já foi observado para o canal atual. Assim, pode vir a ser necessária a impermeabilização com concreto, de trechos do novo canal.	Visto que o canal extravasor foi projetado com revestimento integral de concreto, a possibilidade de ocorrer infiltrações e consequente percolação pela ombreira é bem menor, comparado ao canal escavado projetado para a EL. 1.205 m.

Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

Quadro 5.7–Comparativo do reservatório para os projetos.

Projeto – EL. 1.205 m	Projeto – EL. 1.210 m
Não foi realizado um estudo de ocupação do reservatório ao longo da operação e disposição de rejeitos até seu volume máximo nesta elevação.	Desenvolveu-se como parte do projeto de alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210 m, o plano de ocupação do reservatório através do lançamento de rejeitos de lamas + finos.
Pode-se concluir que a ocupação do reservatório foi realizada de forma hidrostática, ou seja, sem a consideração do ângulo de disposição do rejeito, no estado emerso e submerso, tampouco da variação do ponto de lançamento.	O estudo foi elaborado considerando vários pontos de lançamento, em diversas elevações, porém todas abaixo da elevação da crista (1.210 m), para garantir a máxima ocupação do reservatório, sem interferir com a soleira do extravasor. Outra premissa do estudo foi de garantir um lago único para a estrutura, retirando o seccionamento existente atualmente.
Não houve a preocupação em determinar qual o volume mínimo de água a ser mantido para recirculação para o processo industrial e para clarificação do efluente.	Foi garantido através de um balanço hídrico a vazão mínima a ser captada do reservatório para recirculação do processo industrial.
A Área Diretamente Afetada (ADA) foi apresentada de acordo com o desenvolvimento da elevação 1.205 m em todo o perímetro do lado direito do reservatório, e na elevação 1.225 em todo o perímetro do lado esquerdo, sendo que estas elevações determinariam a ocupação final do reservatório.	Através do estudo realizado, foram apresentados 10 cenários de ocupação do reservatório ao longo de todo o período de operação da estrutura para esta elevação (1.210 m). Com isso a Área Diretamente Afetada (ADA) apresentada levou em consideração a área levantada no último ano de disposição de rejeitos estudado, sendo este o décimo e último cenário.

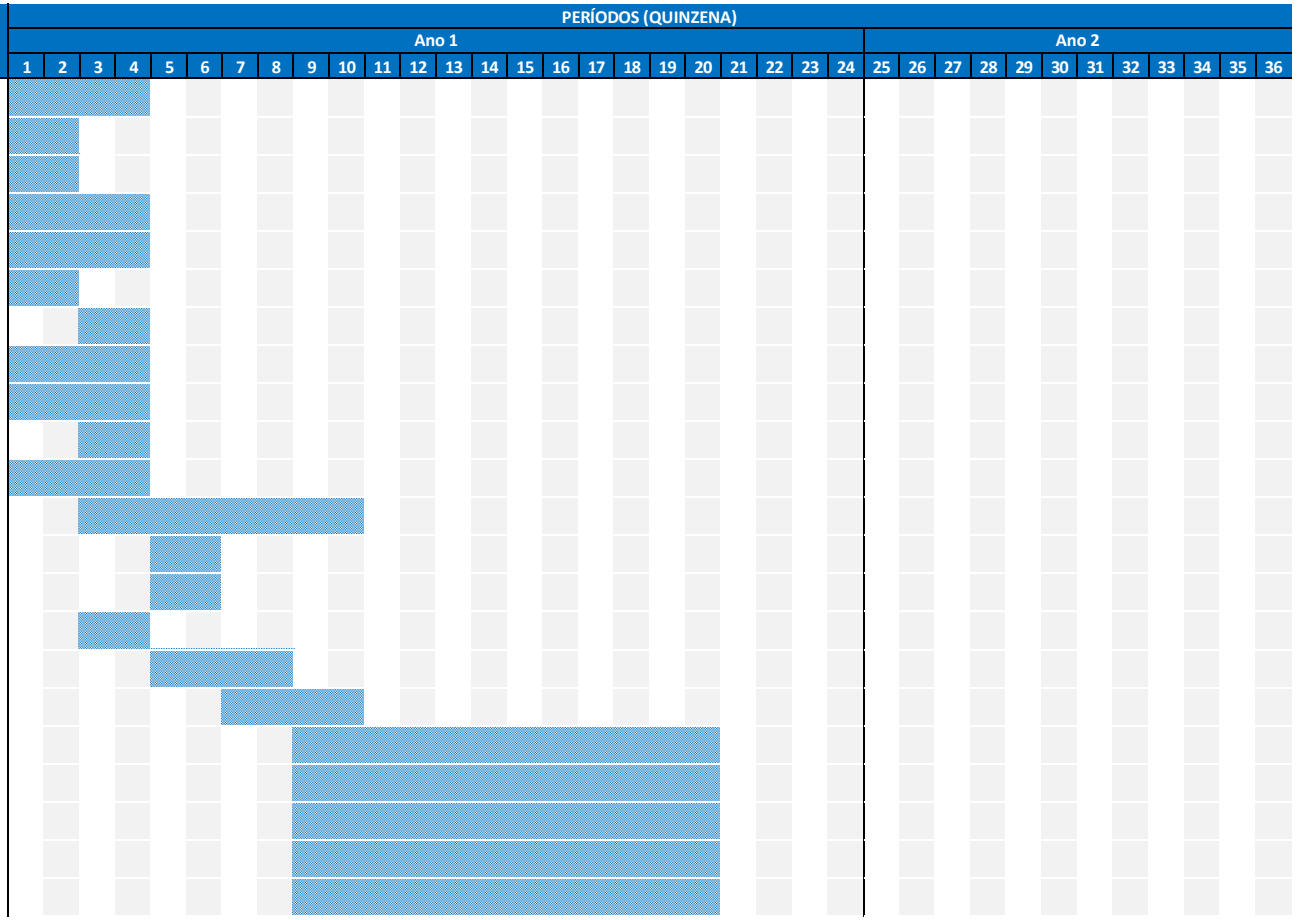
Fonte: DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos

5.6 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

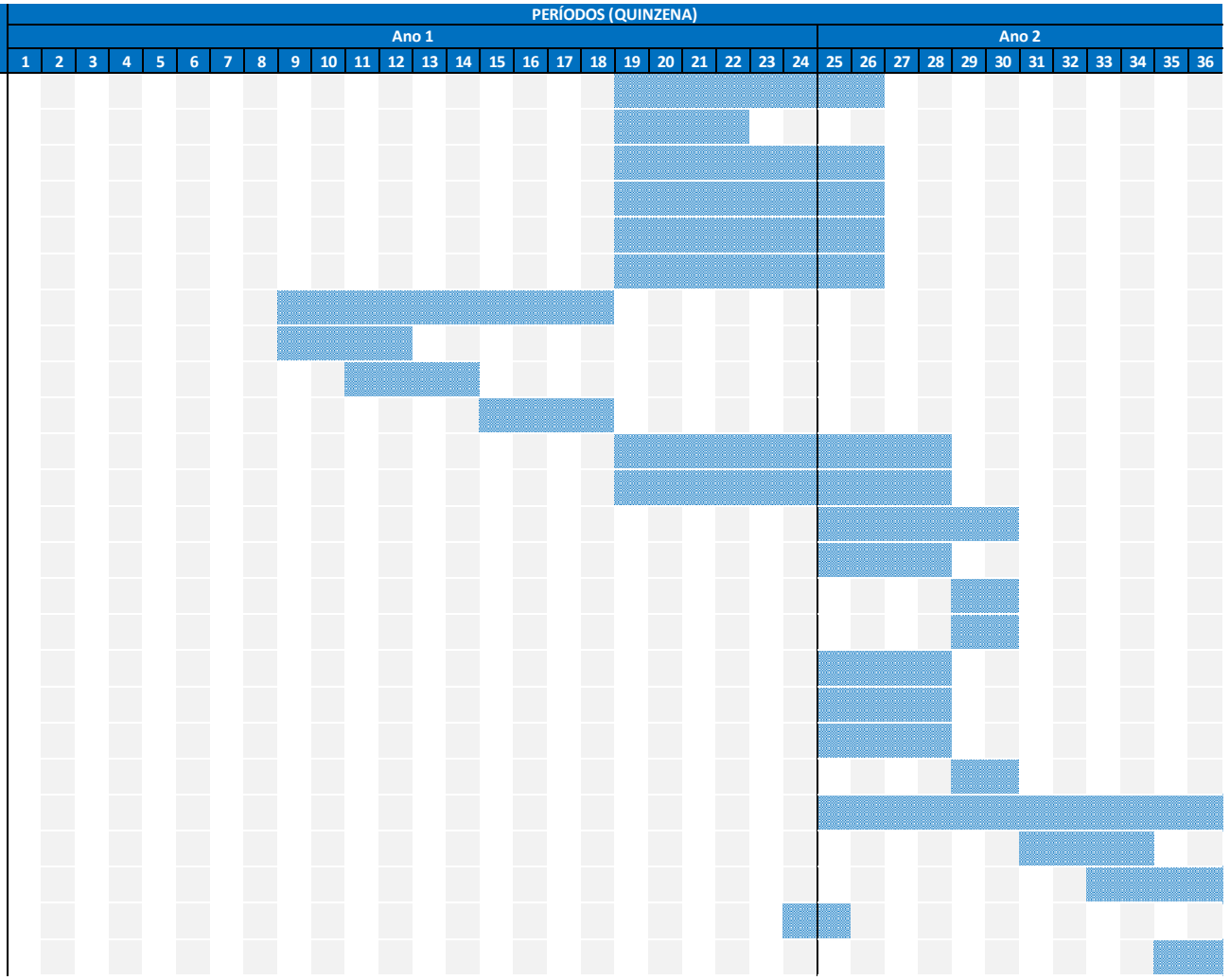
O cronograma para a obra de alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210 m foi elaborado utilizando o software MS Project, sendo apresentado de maneira resumida no **Quadro 5.8**.

Quadro 5.8–Cronograma para alteamento da crista para 1.210 m.

ATIVIDADE	INÍCIO	DURAÇÃO
1ª Etapa	1	4
Mobilização do Canteiro de Obras	1	2
Dreno Ombreira Esquerda	1	2
2ª Etapa	1	4
Canal a Jusante da Barragem BR	1	4
Acesso Ombreira Esquerda	1	2
Tratamento de Fundação	3	2
Limpeza Superficial e Supressão Vegetal	1	4
Demolição de Estruturas	1	4
Implantação Medidor de Vazão	3	2
Realocação da Estacação de Video-Monitoramento	1	4
3ª Etapa	3	8
Dreno de Pé (Transições)	5	2
Dreno de Pé (Enrocamento)	5	2
Limpeza Superficial - Canal Extravasor	3	2
Escavação - Canal Extravasor (Est. 0 à 24)	5	4
Canal Extravasor (Est. 0 à 24)	7	4
4ª Etapa	9	12
Aterro (Transições)	9	12
Aterro (Tapete Drenante)	9	12
Adequação/Remoção da Instrumentação	9	12
Aterro (Magnetita) - até El. 1195m	9	12



ATIVIDADE	INÍCIO	DURAÇÃO
5ª Etapa	19	8
Tamponamento Extravasor atual	19	4
Canais de Ombreira - até El. 1195m	19	8
Acessos às Bermas - até El. 1195m	19	8
Drenagem dos Acessos - até El. 1195m	19	8
Canaletas de Berma - até El. 1195m	19	8
6ª Etapa	9	10
Escavação - Canal Extravasor (Est. 24 à 34)	9	4
Canal Extravasor (Est. 24 à 34)	11	4
Reaterro Lateral - Canal Extravasor	15	4
Aterro (Magnetita) - até El. 1210m	19	10
Manutenção da Praia (Rejeito de Flotação) - até El. 1.210 m	19	10
7ª Etapa	25	6
Canais de Ombreira - até El. 1.210m	25	4
Acesso Ombreira Direita	29	2
Sarjetas Padrão Dnit	29	2
Acessos às Bermas - até El. 1210m	25	4
Drenagem dos Acessos - até El. 1210m	25	4
Canaletas de Berma - até El. 1210m	25	4
Coroamento e regularização da crista na El. 1.210m	29	2
8ª Etapa	25	12
Instalação de novos Instrumentos	31	4
Revestimento Vegetal	33	4
Canal de Lamas	25	0
Desmobilização do Canteiro de Obras	35	2



Para atender o cronograma de alteamento, foram elaborados histogramas de mão de obra direta (MOD), mão de obra indireta (MOI) e equipamentos para execução da obra de alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210 m.

Quadro 5.9 – Histograma de MOD para alteamento da crista para 1.210 m.

Descrição de MOD	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3
Operador de Escavadeira Hidráulica 320	4	6	4
Operador de Escavadeira Hidráulica 336	2	6	4
Motorista de Caminhão Basculante 6x4 3035	12	24	18
Operador de Trator de Esteiras D6	2	4	3
Operador de Motoniveladora 140	2	3	2
Operador de Rolo Compactador CA250	2	8	6
Operador de Trator de pneus com grade	1	2	1
Motorista de Caminhão Pipa 20.000 L	2	3	2
Motorista de Caminhão Carroceria	1	1	1
Operador de Caminhão Munck	1	1	1
Motorista de caminhão Comboio	1	1	1
Motorista de Caminhão Prancha	1	1	1
Motorista de Ônibus	2	4	3
Montador de andaime	2	4	3
Armador	4	12	8
Carpinteiro	4	12	8
Pedreiro	6	18	15
Servente	10	25	22
TOTAL	**59**	**135**	**103**

Quadro 5.10 – Histograma de MOI para alteamento da crista para 1.210 m.

Descrição de MOI	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3
Engenheiro Gerente do Contrato	1	1	1
Técnico de Planejamento/Custos	1	1	1
Encarregado Geral	1	1	1
Encarregado de Terraplenagem	1	2	1
Encarregado de Drenagem	1	1	1
Administrativo	1	1	1
Auxiliar Administrativo	1	1	1
Auxiliar de RH	1	1	1
Comprador	1	1	1
Faxineira	1	1	1
Vigia Noturno	2	2	2
Engenheiro de Segurança do Trabalho	1	1	1
Técnico de Segurança do Trabalho	1	1	1
Auxiliar Técnico de Segurança do Trabalho	1	1	1
Greidista	1	2	2
Apontador	2	2	2
Mecânico de Máquinas	1	1	1

Descrição de MOI	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3
Auxiliar de Mecânico	1	1	1
Lubrificador	1	1	1
Eletricista de Máquinas	1	1	1
Borracheiro	1	1	1
Topografo	1	1	1
Ajudante de Topografia	2	2	2
Laboratorista	1	2	2
Auxiliar de Laboratório	2	4	4
TOTAL	**29**	**34**	**33**

Quadro 5.11 – Histograma de equipamentos para alteamento da crista para 1.210 m.

Equipamentos	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3
Escavadeira Hidráulica 320	4	6	4
Escavadeira Hidráulica 336	2	6	4
Caminhão Basculante 6x4 3035	12	24	18
Trator de Esteiras D6	2	4	3
Motoniveladora 140	2	3	2
Rolo Compactador CA250	2	8	6
Trator de pneus com grade	1	2	1
Caminhão Pipa 20.000 L	2	3	2
Caminhão Carroceria	1	1	1
Placa Vibratória	2	4	4
Vibrador de Concreto	2	5	5
Conjunto moto bomba	2	6	4
Equipamentos Indiretos			
Veículo Leve	2	8	6
Caminhão Comboio	1	1	1
Caminhão Prancha	1	1	1
Caminhão Munck	1	1	1
Ônibus	2	4	3
TOTAL	**41**	**87**	**66**

6 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA E ÁREAS DE INFLUÊNCIA

Este capítulo analisa as alterações na Área Diretamente Afetadas e Áreas de Influência Direta e Indireta para os meios físico, biótico e socioeconômico entre o EIA anteriormente apresentado para alteamento até a cota 1.205 m e o novo alteamento até 1.210 m.

Define-se Área Diretamente Afetada (ADA) como a área ocupada pelo empreendimento, incluídos todos os seus componentes. No caso objeto deste estudo, são contemplados o próprio maciço da barragem, a faixa de alagamento, resultante do aumento do N.A. da barragem, assim como a área do canteiro de obras e as áreas de empréstimo.

As áreas de influência e de estudo, por seu turno, têm como fundamento de sua definição a intensidade e a abrangência temporal e espacial dos impactos gerados pelo empreendimento.

6.1 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA

A área alagada anterior (para crista da barragem na cota 1205) possuía 651 ha e a área alagada atual (para crista da barragem na cota 1210) possui 501,86 ha. A Área Diretamente Afetada (ADA), por outro lado, considerando apenas o acréscimo de área em função do alteamento para a cota 1.205 m era de 225,78 ha e a nova ADA (considerando o acréscimo) é de 75,64 ha.

Assim a Área Diretamente Afetada (ADA) resultante apresentou um menor impacto do que o projeto anterior (alteamento 1.205 m). As principais diferenças são a alteração do material para rejeito grosso e lamas + finos, e o ponto de lançamento nunca ser superior à elevação da crista (1.210 m).

Na **Figura 6.1,** a ADA anterior está representada por uma linha amarela e a ADA atual através de uma linha vermelha.

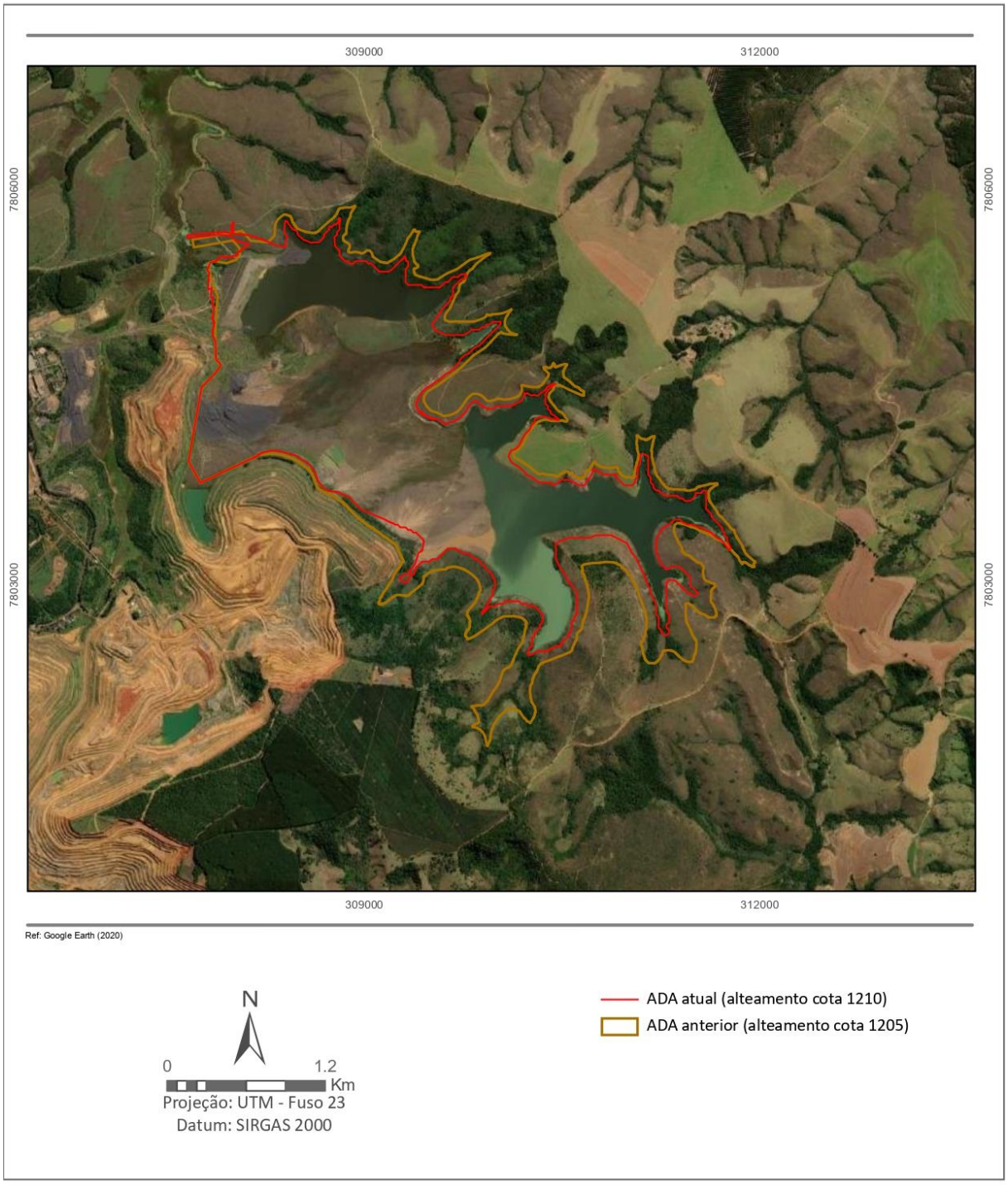


Figura 6.1 – ADA anterior e atualização da ADA.

A principal diferença entre as ADAs deve-se a metodologia a ser adotada para a disposição dos rejeitos. A elevação máxima que a praia pode atingir, considerando a crista da Barragem BR na 1.210,00 m, é a própria cota de 1.210 m, sendo que o lançamento dos rejeitos ocorrerá na elevação 1.208,00 m. Anteriormente, os pontos de lançamento de rejeitos encontravam-se em cotas mais altas, conforme **Figura 6.2**, chegando a cotas superiores a 1.220 m e aumentando consideravelmente a área alagada.

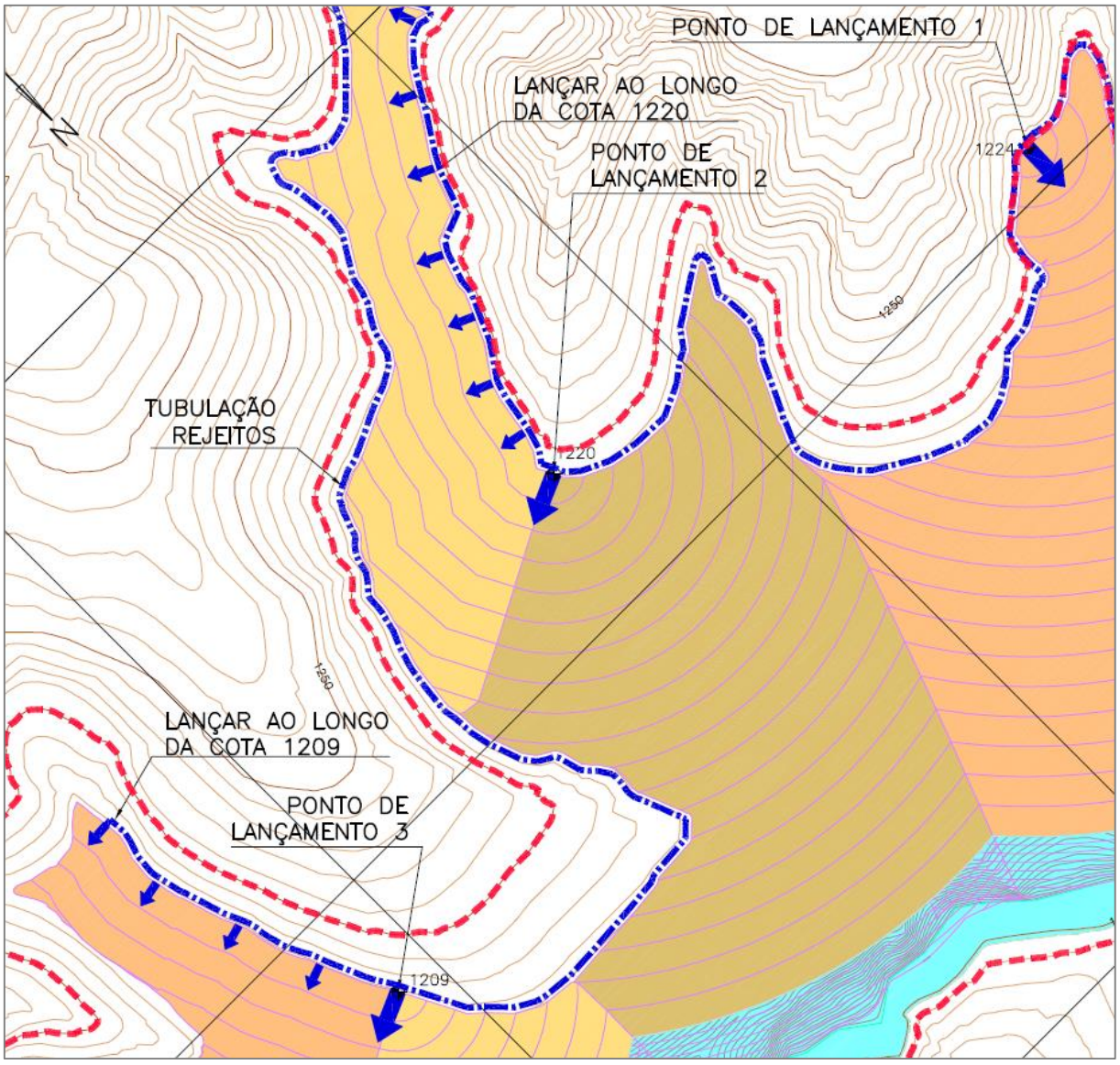


Figura 6.2 – Pontos de lançamento de rejeitos do projeto anterior (cota 1.205 m).

6.2 ÁREAS DE INFLUÊNCIA – AID E AII

A área de influência não recebe diretamente as obras de engenharia, embora seja afetada pelos impactos de tais obras em diferentes intensidades. É subdividida em Área de Influência Direta (AID) e em Área de Influência Indireta (AII).

Para a delimitação das AID e AII, parte-se de dois pressupostos: (i) há uma gradação dos impactos e (ii) tal gradação, em termos espaciais, está associada à distância da origem desencadeadora do impacto. Assume-se, portanto, que a intensidade de determinado impacto diminui à medida que aumenta a distância de sua origem. Tal modelo de continuidade espacial é genericamente assumido, embora, em alguns casos, possa haver impactos com efeitos descontínuos no espaço. Além disso, o limite assumido entre a AID e a AII deve ser entendido como uma faixa de transição e não como duas áreas estanques, apesar de sua representação linear.

6.2.1 Meio Físico

Para o meio físico, as Áreas de Influência Direta e Indireta atuais se mantêm inalteradas em relação àquelas apresentadas anteriormente.

O principal fator que norteou a delimitação das áreas de influência direta e indireta do meio físico foi o sentido do fluxo das águas pluviais e fluviais, tendo-se em vista que uma das maiores preocupações que se deve ter no empreendimento está relacionada ao aumento dos processos erosivos, de transporte e deposição de sedimentos e poluentes em áreas a jusante da barragem, cujos impactos aos meios físico, biótico e socioeconômico podem assumir proporções preocupantes caso não sejam tomadas corretas medidas mitigadoras e de monitoramento.

A opção pela delimitação utilizando-se a bacia é também justificada tendo-se em vista a unidade que tal conformação natural dá aos elementos físicos atuantes. Trata-se de um sistema aberto, mas que possui certa unidade no que se refere aos processos naturais, sejam de origem geológica, geomorfológica, pedológica, climática ou hidrológica.

Nesse sentido, a Área de Influência Direta (AID) para o meio físico foi definida pela cabeceira das bacias de drenagem dos córregos do Potreiro, Paiolzinho, Boa Vista, da Areia e da Mata, assim como o restante de sua bacia hidrográfica, que abrange as estruturas hoje presentes no CMT. A AID segue sentido córrego do Potreiro, incluindo as barragens BRI e BA-3, e um trecho de 2 km na bacia do Ribeirão do Inferno.

Já a Área de Influência Indireta (AII) extrapola ligeiramente as sub-bacias contribuintes da barragem, se estendendo em faixas variáveis em torno de aproximadamente 3 km além da AID, coincidindo com esta na porção norte e continuando pelo Ribeirão do Inferno até a confluência com o córrego da Onça.

A **Figura 6.3** ilustra as áreas de influência do meio físico.

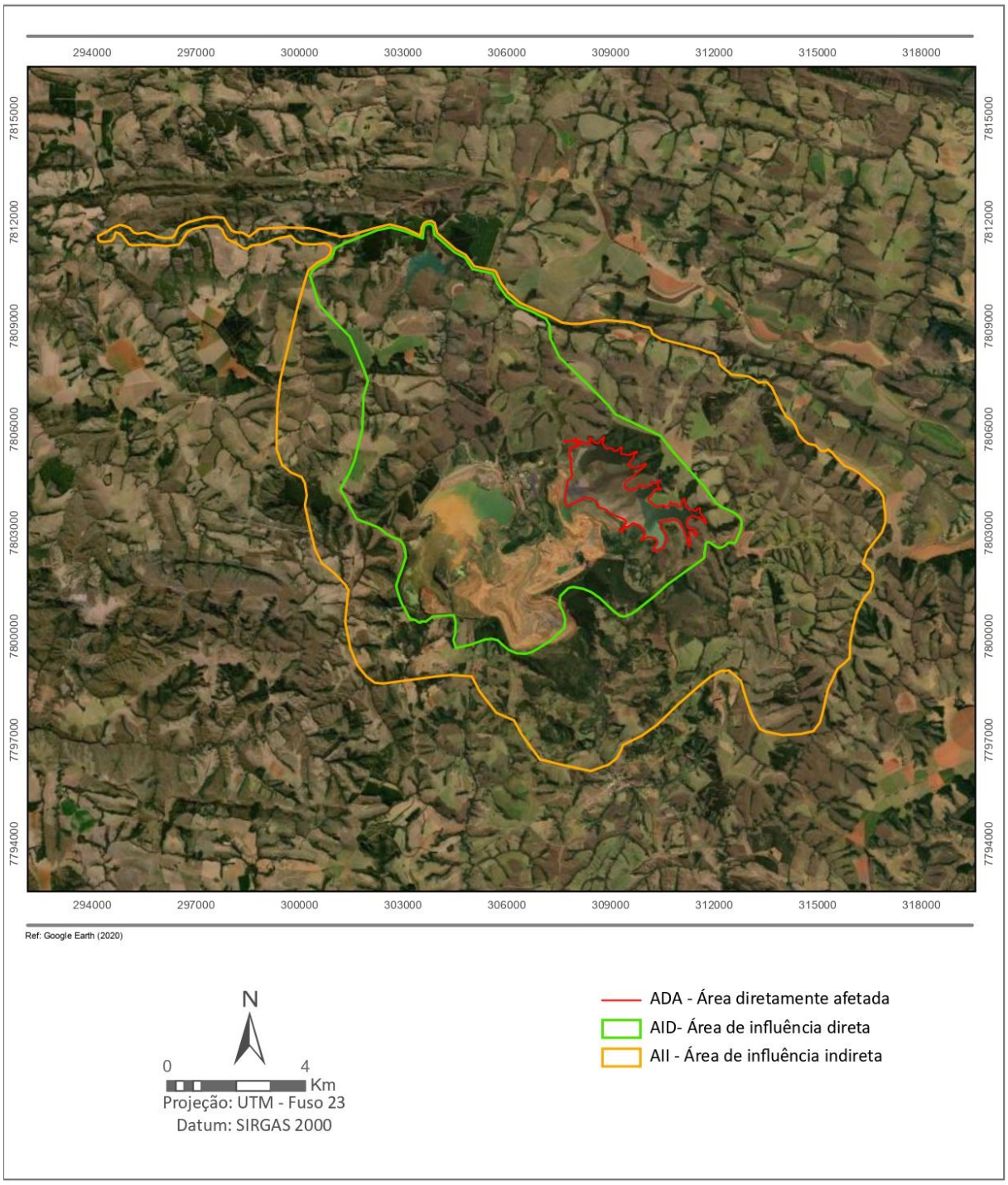


Figura 6.3 – Áreas de Influência – Meio físico.

6.2.2 Meio Biótico

Para o meio biótico, as Áreas de Influência Direta e Indireta também se mantêm inalteradas em relação àquelas apresentadas anteriormente.

A Área de Influência Direta (AID) para o meio biótico inclui os limites estabelecidos para o meio físico, incluindo os fragmentos remanescentes de vegetação adjacentes desta delimitação, que podem manter populações da fauna, mas também foi expandida

ligeiramente no sentido sul, leste e nordeste da Área Diretamente Ocupada, com o propósito de incluir alguns pequenos fragmentos florestais para onde eventualmente a fauna das áreas a serem suprimidas na ADA possa se deslocar durante as operações de supressão vegetal.

A delimitação da Área de Influência Indireta (AII) utilizou como critério o aspecto biológico, posto que as delimitações baseadas em critérios puramente físicos, como por exemplo, as sub-bacias hidrográficas, podem não se mostrar plenamente adequadas para o meio biótico. Desta forma, visando delimitar a AII do meio biótico, foi adotado o "home range" de determinada espécie, definida como a área de deslocamento de um animal, partindo-se da premissa que um animal existente (residente ou de passagem) na área do empreendimento pode afetar indiretamente outras áreas pela qual transita em busca de abrigo e alimentação.

Considerou-se o home range de espécie cuja presença foi confirmada por vestígios e que possui maior área de vida. Sob este aspecto foi considerado o "home range" da espécie jaguatirica (*Leopardus pardalis*), cuja presença foi confirmada através de vestígios (pegadas e marcas) e que pode explorar um raio de 7,5 km (MILLER & EVERETT, 1986; LUDLOW & SUNQUIST, 1987; e MURRAY & GARDNER, 1997), dependendo das condições ambientais.

Para efeito gráfico, delimitou-se uma área com raio aproximado de 7,5 km, tendo o empreendimento como o ponto central. Essa área foi então adotada neste estudo como sendo a AII do meio biótico. É importante ressaltar que a área delimitada abrange além de áreas naturais, áreas antropizadas, como por exemplo, pastagens, reflorestamentos e até áreas urbanas, como a de Tapira, onde certamente os impactos do empreendimento sobre a biota são mínimos ou mesmo inexistentes. Ainda assim consideram-se essas áreas antropizadas por servirem muitas vezes de corredores para algumas espécies, particularmente as pastagens e reflorestamentos entremeados por matas.

A **Figura 6.4** ilustra as áreas de influência do meio biótico.

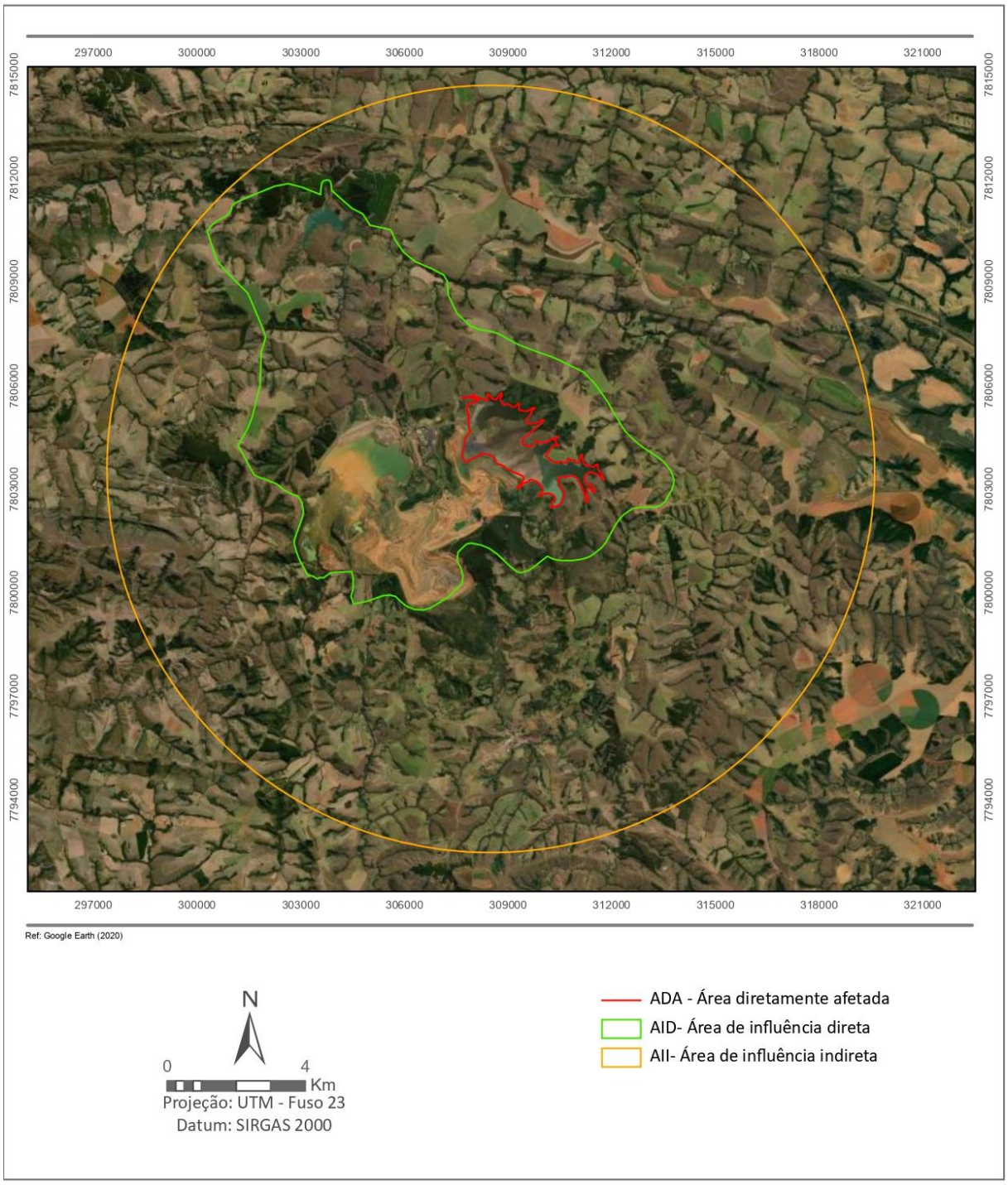


Figura 6.4 – Áreas de Influência – Meio biótico.

6.2.3 Meio Socioeconômico

A AID e AII do meio socioeconômico para o novo projeto (alteamento 1210 m) se mantiveram inalteradas em relação às anteriores (alteamento 1205 m).

Para a definição das áreas de influência direta (AID) e indireta (AII), optou-se pelos limites dos municípios de Tapira e Araxá em função da localização física e da relação do empreendimento com esses municípios. A AID e a AII serão consideradas as mesmas, sendo, portanto, os limites

municipais de Araxá e Tapira.

A **Figura 6.5** ilustra as áreas de influência do meio socioeconômico.

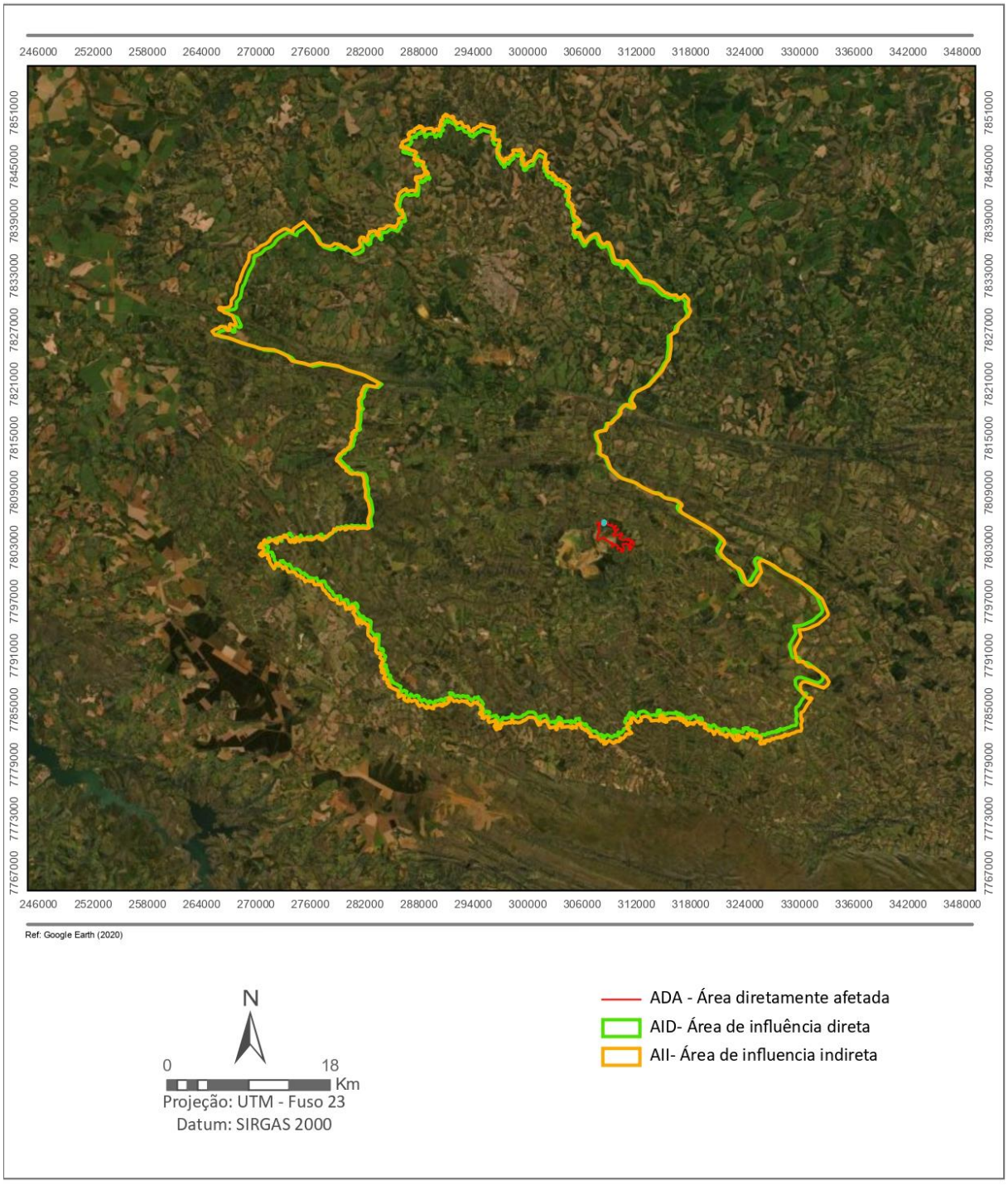


Figura 6.5 – Áreas de Influência – Meio socioeconômico.

7 ATUALIZAÇÃO DIAGNÓSTICO – MEIO FÍSICO

Este capítulo tem como objetivo complementar e atualizar o diagnóstico do meio físico do estudo anteriormente apresentado.

Como dito anteriormente, a delimitação da Área de Influência Direta (ADA) e Área de Influência Indireta (All) para o meio físico se mantém conforme apresentado no Estudo de Impacto Ambiental da BR - RT17LA008, elaborado pela MultiGeo em 2017.

Assim, a complementação será feita através da atualização dos monitoramentos de qualidade das águas, do ar e de ruídos com os dados entre o relatório anterior e este novo documento. Os demais itens e aspectos do meio físico se mantêm como anteriormente apresentado, com exceção da hidrogeologia da área que pode ter se alterado em função do avanço da lavra local.

7.1 ATUALIZAÇÃO DOS MONITORAMENTOS

A atualização dos monitoramentos das matrizes de água, ar e ruídos foi baseada nas informações disponibilizadas pela Mosaic Fertilizantes.

7.1.1 Qualidade das águas superficiais

Neste item é feita a atualização da caracterização dos corpos d'água superficiais situados no entorno do Alteamento da Barragem de Rejeitos (BR) da empresa Mosaic Fertilizantes. A caracterização está baseada nos resultados das análises de parâmetros físico-químicos e biológicos obtidos durante campanhas de monitoramentos realizadas no Complexo de Mineração Tapira – CMT.

As análises físico-químicas e periódicas das águas permitem a caracterização da água de forma pontual e a avaliação das alterações provocadas nos cursos d'água ao longo do tempo. Este gerenciamento é de extrema importância para a preservação dos recursos hídricos e, consequentemente, para tomada de decisões como ações preventivas, corretivas ou de manutenção.

A Mosaic Fertilizantes realiza campanhas de monitoramento de águas superficiais de alguns corpos hídricos dentro da unidade de Tapira. A periodicidade de monitoramento varia entre coletas mensais, trimestrais, semestrais e anuais dependendo do ponto a ser monitorado. As coordenadas e a periodicidade de coleta dos pontos amostrados são exibidas no **Quadro 7.1** e a sua localização, na **Figura 7.1**.

Quadro 7.1 – Coordenadas dos pontos de amostragem de água superficial.

Pontos de Monitoramento				
Ponto	Descrição	Coordenadas UTM (23 K)		Periodicidade
		X	Y	
Ponto 01	Córrego Cachoeira - Montante Córrego Mata	308.633	7.798.375	Trimestral
Ponto 02	Córrego Mata a jusante Córrego Cachoeira	308.774	7.798.354	Trimestral
Ponto 03	Córrego da Mata - Montante Córrego Cachoeira	308.741	7.798.497	Trimestral

Pontos de Monitoramento				
Ponto	Descrição	Coordenadas UTM (23 K)		Periodicidade
		X	Y	
Ponto 08	Ribeirão do Inferno - montante (Bineco)	309.591	7.809.054	Mensal
Ponto 10	Córrego Boa Vista - Montante do Ribeirão Inferno (Ponte madeira)	306.910	7.808.772	Mensal
Ponto 80	Vertedor 05 - Córrego Pilões	308.034	7.798.115	Trimestral
Ponto 94	Vertedor 19 - Assentamento Bom Jardim (gleba do Edmundo)	305.421	7.799.405	Trimestral
Ponto 168	Córrego Capão Escuro	312.450	7.800.205	Semestral
Ponto 172	Córrego Potreiro (abaixo do ponto 7)	304.404	7.809.568	Mensal
Ponto 220	Córrego do Celsinho – à montante do extravasor da BD-5	306.187	7.807.146	Mensal

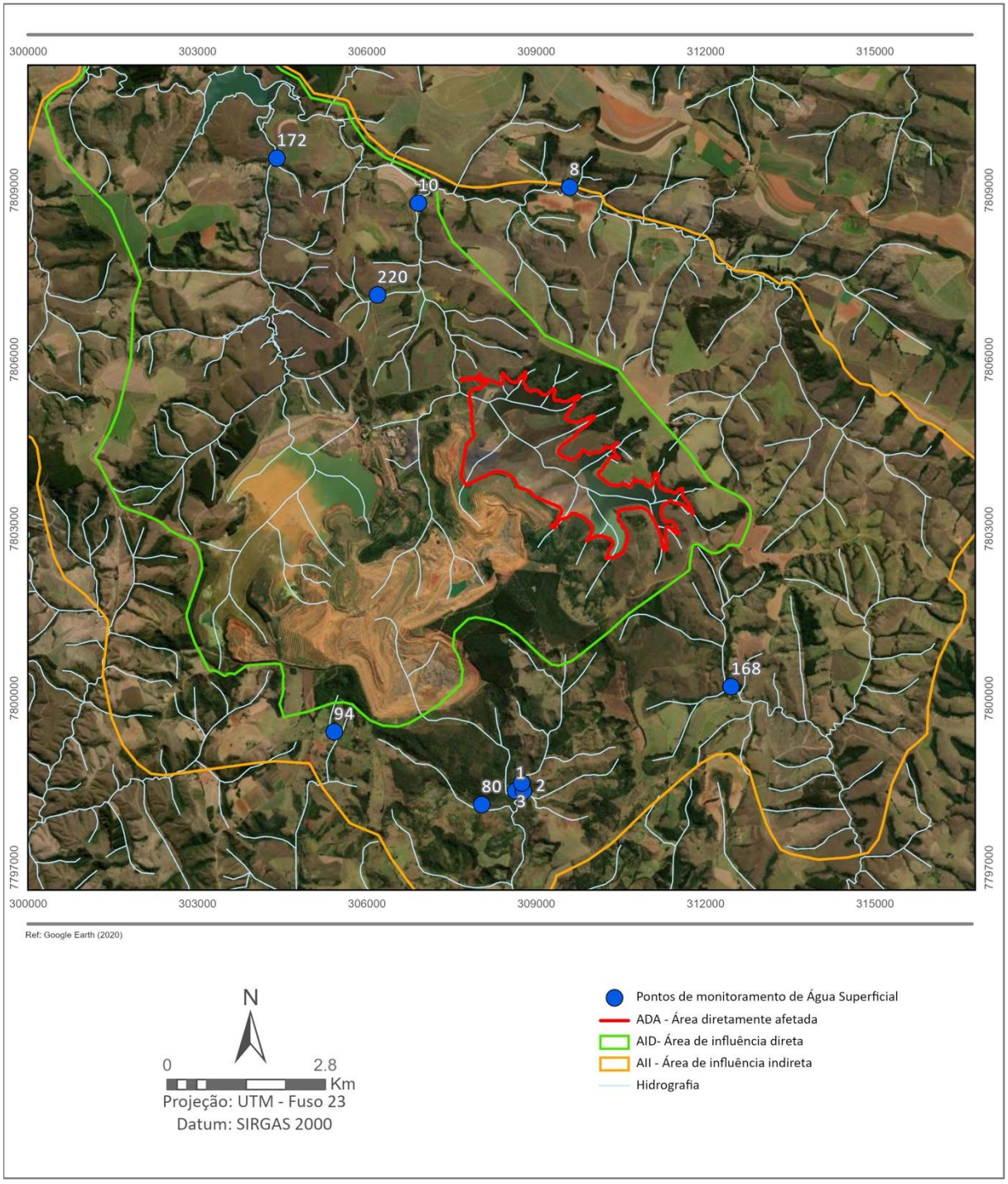


Figura 7.1 – Localização dos pontos de monitoramento de água superficial.

A seleção dos parâmetros se baseou no programa de monitoramento da qualidade das águas já realizado pela Mosaic. O **Quadro 7.2** exibe os parâmetros físico-químicos, químicos (metais e compostos inorgânicos e orgânicos) e biológicos analisados, que totalizam 32. No entanto, vale ressaltar que os critérios variam para os diferentes pontos de monitoramento.

Quadro 7.2 – Parâmetros analisados para água superficial.

Grupos	Parâmetros
Físico-Químicos	Condutividade elétrica, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio dissolvido, pH, Sólidos dissolvidos, Sólidos sedimentáveis, Sólidos suspensos, Temperatura e Turbidez
Metais	Alumínio, Alumínio dissolvido, Bário, Berílio, Cálcio, Chumbo, Cromo, Ferro dissolvido, Manganês e Vanádio
Inorgânicos	Cloreto, Fluoreto, Fósforo, Fósforo dissolvido, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio amoniacal, Sulfato e Sulfeto
Orgânicos	Fenóis e Surfactantes
Biológicos	Escherichia coli

Os resultados apresentados neste item foram retirados do Gerenciador de Monitoramento – CMT (arquivo disponibilizado pela Mosaic Fertilizantes) alimentado pelos dados dos laudos emitidos pelo laboratório Bioética Ambiental, referentes ao período entre os meses de janeiro de 2019 e novembro de 2020.

A coleta e preservação das amostras foram realizadas pelo laboratório Bioética Ambiental, cujo certificado de acreditação se encontra no **Anexo D**.

7.1.1.1 *Padrões Legais*

Para o estado de Minas Gerais, o Conselho Estadual de Política Ambiental e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos definem a norma que estabelece diretrizes para a qualidade das águas superficiais:

- Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Estabelece os Valores Máximos (VM) para qualidade das águas superficiais.

No âmbito nacional, o Conselho Nacional do Meio Ambiente dispõe das seguintes normas para definir os padrões para a qualidade das águas superficiais:

- Resolução Conama nº 357/2005, alterada pelas Resoluções Conama 393/2007, 397/2008, 410/2009 e 430/2011, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Os corpos hídricos monitorados pela unidade de Tapira são enquadrados como águas doces de Classe 2.

7.1.1.2 Apresentação e Discussão dos Resultados

Para melhor contextualização da área de estudo, são apresentados todos os resultados existentes para os pontos de coleta avaliados e parâmetros mensurados durante o período entre janeiro de 2019 e novembro de 2020.

Os resultados obtidos foram comparados aos limites estabelecidos pela Resolução Conama n° 357/2005, para águas doces de Classe 2, e Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH – MG nº 01/2008.

Os parâmetros físico-químicos condutividade elétrica, DQO, sólidos sedimentáveis e temperatura, bem como as substâncias alumínio total, cálcio e fósforo dissolvido, não possuem valores de referências contemplados pelas legislações supracitadas. No caso dos sólidos suspensos, apenas a DN COPAM/CERH apresenta valor máximo para comparação.

Vale ressaltar que para o fósforo total, foi utilizado como referência o valor de *background* obtido pelo estudo "Avaliações Complementares Acerca dos Teores de Fósforo nas Águas Superficiais do CMT", realizado pela Fosfertil (2004).

Os **Quadros 7.3**a**7.8** trazem os resultados obtidos nas análises de águas superficiais. O **Anexo D** apresenta os laudos analíticos com os resultados integrais fornecidos pelo laboratório.

As **Figuras 7.2** a **7.33** trazem os gráficos de variação temporal das concentrações de cada parâmetro nas amostras de água superficial.

Quadro 7.3 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 01, Ponto 02 e Ponto 03.

Parâmetros Analisados	Conama 357/2005	COPAM/ CERH 01/2008	Unidade	Água Superficial																				
				Ponto 01							Ponto 02							Ponto 03						
				mar/19	jun/19	set/19	dez/19	mar/20	jun/20	set/20	mar/19	jun/19	set/19	dez/19	mar/20	jun/20	set/20	mar/19	jun/19	set/19	dez/19	mar/20	jun/20	set/20
Físico-Químicos																								
Condutividade elétrica	-	-	µS/cm	75,63	82,80	108,40	73,42	87,73	87,06	70,08	71,05	114,50	119,30	107,00	101,50	107,30	95,44	71,22	97,20	139,90	121,20	84,00	91,39	89,05
DBO	5,00	5,00	mg/L	<2	<2	<2	<2	3,63	2,01	3,86	<2	2,02	<2	<2	3,64	<2	3,45	<2	<2	<2	<2	3,41	3,17	3,84
DQO	-	-	mg/L	<20	<20	<20	<20	30,52	<20	31,61	<20	<20	<20	<20	30,38	<20	27,86	<20	<20	<20	<20	27,10	<20	28,18
Oxigênio dissolvido	> 5	> 5	mg/L	7,40	8,50	7,50	8,40	6,00	7,60	6,40	7,20	5,60	7,50	6,90	5,80	6,70	7,10	7,10	5,90	7,00	6,40	6,50	6,20	6,50
pH	6 a 9	6 a 9	-	7,19	8,10	7,64	8,69	7,74	7,52	7,58	7,43	8,17	7,35	8,38	7,75	7,58	7,57	7,38	8,06	7,34	8,49	7,71	8,67	7,59
Sólidos dissolvidos totais	500,00	500,00	mg/L	46,00	48,00	38,00	44,00	50,00	52,00	50,00	42,00	68,00	58,00	64,00	62,00	64,00	70,00	42,00	58,00	66,00	72,00	52,00	54,00	64,00
Sólidos sedimentáveis	-	-	mL/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos suspensos	-	100,00	mg/L	<10	<10	<10	<10	56,00	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Temperatura	-	-	°C	20,80	20,10	21,10	22,60	21,00	20,00	20,00	21,70	19,90	21,40	23,20	20,00	21,00	22,00	22,20	20,40	21,90	23,10	20,00	22,00	20,00
Turbidez	100,00	100,00	NTU	5,15	2,67	2,32	85,60	43,60	18,00	4,11	3,88	9,62	16,70	29,80	48,30	12,90	6,25	3,33	3,56	8,03	5,03	3,18	11,40	8,94
Metais																								
Alumínio	-	-	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio dissolvido	0,10	0,10	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bário	0,70	0,70	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berílio	0,04	0,04	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cálcio	-	-	mg/L	6,45	5,50	3,93	7,34	6,75	11,62	10,66	5,24	7,70	7,17	13,86	7,30	28,73	13,85	7,90	7,93	9,64	14,84	5,95	11,29	13,21
Chumbo	0,01	0,01	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo	0,05	0,05	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro dissolvido	0,30	0,30	mg/L	0,13	<0,1	<0,1	**0,38**	**0,41**	0,24	<0,1	0,12	<0,1	0,13	0,17	0,28	0,15	<0,1	0,12	0,11	<0,1	0,12	0,17	0,23	<0,1
Manganês	0,10	0,10	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	0,04	0,05	0,04	<0,03	0,03	0,09	<0,03	**0,15**	**0,19**	0,10	0,09	0,03	0,05	0,06	**0,17**	0,09	0,06	0,09
Vanádio	0,10	0,10	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Inorgânicos				-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-							
Cloreto	250,00	250,00	mg/L	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	0,89	<0,8	<0,8	0,94	<0,8	<0,8	0,81	1,00	0,82	<0,8	<0,8
Fluoreto	1,40	1,40	mg/L	0,05	<0,05	0,10	0,35	0,09	0,08	0,15	0,06	<0,05	<0,05	0,17	0,11	0,11	0,16	<0,05	<0,05	0,19	0,16	0,12	0,08	0,13
Fósforo	0,344*	0,344*	mg/L	0,22	0,27	0,25	0,34	0,22	<0,01	0,16	0,19	0,13	0,24	0,23	0,12	0,07	0,22	0,18	0,15	0,13	0,26	0,10	0,14	0,24
Fósforo dissolvido	-	-	mg/L	0,13	0,22	0,18	0,19	0,06	<0,01	0,14	0,13	<0,01	0,05	0,12	0,05	0,04	0,11	0,12	<0,01	0,04	0,09	0,05	0,23	0,20
Nitrato	10,00	10,00	mg/L	0,22	0,38	<0,2	0,20	<0,2	<0,2	0,28	<0,2	0,66	0,23	<0,2	<0,2	<0,2	0,31	0,25	0,42	0,43	<0,2	<0,2	<0,2	0,26
Nitrito	1,00	1,00	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal	0,50	0,50	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	<0,2	<0,2
Sulfato	250,00	250,00	mg/L	1,11	0,85	<0,8	1,44	1,20	0,82	1,15	0,96	1,28	1,36	1,41	1,35	1,06	1,49	1,16	0,96	1,78	1,82	1,22	0,85	1,21
Sulfeto	0,002	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Orgânicos																								
Fenóis	0,003	0,003	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Surfactantes	0,50	0,50	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,04	<0,03	0,03	0,03	0,03	<0,03	<0,03	0,04	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,06
Biológicos																								
Escherichia coli	1.000,0	1.000,0	NMP/100mL	27,50	5,20	<1	<1	365,40	18,80	410,60	39,90	<1	93,40	61,10	98,50	9,10	665,30	35,00	<1	58,10	50,50	23,70	4,10	44,00

Vermelho: Concentração superior aos limites legais.

* Valor de *background* (Fosfertil, 2004).

Quadro 7.4 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 08.

Parâmetros Analisados	Conama 357/2005	COPAM/ CERH 01/2008	Unidade	Água Superficial																						
				Ponto 08																						
				jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20
Físico-Químicos																										
Condutividade elétrica	-	-	µS/cm	12,36	21,81	11,91	13,62	12,49	13,96	14,30	17,71	14,24	14,88	12,31	14,95	11,57	15,19	13,99	13,69	16,64	19,10	12,35	24,87	14,41	28,46	17,30
DBO	5,00	5,00	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2,55	2,82	<2	3,19	3,83	<2	3,86	3,70	3,47	2,64
DQO	-	-	mg/L	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	20,19	47,42	29,19	<20	<20
Oxigênio dissolvido	> 5	> 5	mg/L	7,90	6,80	7,00	8,10	8,50	6,00	7,70	8,20	7,00	8,00	8,00	9,00	7,70	8,10	7,00	5,00	7,80	8,70	8,50	8,00	7,20	6,70	8,50
pH	6 a 9	6 a 9	-	7,33	7,13	7,54	7,89	7,69	8,90	7,65	7,75	8,01	8,34	7,13	7,43	7,58	7,32	6,92	6,67	8,40	7,14	6,35	8,20	7,75	7,26	7,26
Sólidos dissolvidos totais	500,00	500,00	mg/L	<10	<10	<10	<10	<10	10,00	10,00	12,00	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10,00	11,00	<10	<10	10,00	12,00	<10
Sólidos sedimentáveis	-	-	mL/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos suspensos	-	100,00	mg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Temperatura	-	-	°C	23,30	20,40	20,80	20,10	20,01	18,60	19,70	16,70	22,10	21,50	22,10	23,40	21,00	21,00	19,00	21,00	18,00	19,00	18,00	20,00	20,00	21,00	22,00
Turbidez	100,00	100,00	NTU	10,70	2,69	14,10	7,95	12,70	6,44	4,78	2,27	1,83	2,43	7,29	0,78	13,10	10,60	10,10	9,44	6,91	4,44	3,47	2,19	3,42	4,68	3,58
Metais																										
Alumínio	-	-	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio dissolvido	0,10	0,10	mg/L	0,07	0,07	0,06	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,06	0,07	**0,23**	<0,05	0,10	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05
Bário	0,70	0,70	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,20	<0,2	<0,2	<0,2
Berílio	0,04	0,04	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cálcio	-	-	mg/L	1,39	1,54	1,64	3,69	2,03	1,88	2,58	5,45	1,93	2,98	5,07	2,26	2,33	2,44	0,73	5,02	2,10	3,78	1,47	1,34	3,64	2,74	1,99
Chumbo	0,01	0,01	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Cromo	0,05	0,05	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ferro dissolvido	0,30	0,30	mg/L	**0,43**	**0,73**	**0,93**	**0,57**	<0,1	0,20	<0,1	0,19	0,12	0,18	0,30	**0,55**	**0,42**	**0,42**	**0,98**	0,26	0,13	0,13	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	**0,37**
Manganês	0,10	0,10	mg/L	0,03	0,03	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Vanádio	0,10	0,10	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Inorgânicos																										
Cloreto	250,00	250,00	mg/L	0,85	<0,8	0,88	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	4,70	<0,8	<0,8	0,80	0,99	<0,8	1,08	1,55	0,94	0,87	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	0,89	6,91
Fluoreto	1,40	1,40	mg/L	<0,05	0,31	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	0,09	<0,05	0,06	0,10	<0,05	0,12	0,11	0,41	0,06	0,06	0,18	<0,05	0,09	0,20	0,10
Fósforo	0,344*	0,344*	mg/L	0,02	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,14	0,21	0,22	0,24	0,20	0,02	0,01	0,02	0,01	0,09	<0,01	0,03	0,20	0,04	0,15
Fósforo dissolvido	-	-	mg/L	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,03	0,01	<0,01
Nitrato	10,00	10,00	mg/L	0,21	0,25	0,31	0,89	<0,2	1,00	0,35	0,86	0,66	1,01	0,23	0,24	0,50	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,25	0,64	<0,2
Nitrito	1,00	1,00	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nitrogênio amoniacal	0,50	0,50	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sulfato	250,00	250,00	mg/L	1,42	<0,8	<0,8	0,81	<0,8	<0,8	1,14	1,12	1,63	<0,8	<0,8	<0,8	0,80	1,47	<0,8	4,91	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	0,98	<10
Sulfeto	0,002	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Orgânicos																										
Fenóis	0,003	0,003	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Surfactantes	0,50	0,50	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,07	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,18	0,05	<0,03	<0,03
Biológicos																										
Escherichia coli	1.000,0	1.000,0	NMP/100mL	350,00	**1.980,00**	648,80	770,10	488,40	344,80	241,10	401,60	35,40	<1	51,90	18,10	7,10	47,30	85,90	13,40	81,80	<1	58,10	2,00	<1	18,90	<1

Vermelho: Concentração superior aos limites legais.

* Valor de *background* (Fosfertil, 2004).

Quadro 7.5 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 10.

Parâmetros Analisados	Conama 357/2005	COPAM/ CERH 01/2008	Unidade	Água Superficial																						
				Ponto 10																						
				jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20
Físico-Químicos																										
Condutividade elétrica	-	-	µS/cm	253,00	263,60	219,80	225,60	218,60	223,00	225,00	259,10	279,10	246,10	275,30	211,90	235,80	184,90	177,40	250,70	238,40	243,30	217,80	211,50	213,40	247,70	242,10
DBO	5,00	5,00	mg/L	<2	<2	2,51	<2	<2	<2	<2	<2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,64	<2	4,03	<2	2,94	4,51	<2	4,91	3,32	4,59	<2
DQO	-	-	mg/L	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	10,00	<20	<20	<20	<20	21,61	<20	<20	<20	<20	63,10	23,19	<20	<20
Oxigênio dissolvido	> 5	> 5	mg/L	7,90	7,00	7,00	8,20	8,50	5,60	8,90	7,70	8,50	8,30	7,50	8,00	6,70	6,10	6,70	7,60	13,00	8,80	7,40	8,40	6,80	6,70	7,00
pH	6 a 9	6 a 9	-	8,16	7,37	7,22	7,20	7,25	8,50	6,31	6,64	8,47	8,26	8,37	8,15	8,35	8,21	8,10	8,24	8,84	8,19	7,60	8,01	8,18	8,40	8,43
Sólidos dissolvidos totais	500,00	500,00	mg/L	150,00	158,00	132,00	136,00	132,00	134,00	132,00	156,00	138,00	324,00	138,00	126,00	142,00	118,00	114,00	150,00	144,00	146,00	130,00	126,00	128,00	168,00	166,00
Sólidos sedimentáveis	-	-	mL/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sólidos suspensos	-	100,00	mg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Temperatura	-	-	°C	23,00	23,00	23,00	22,10	18,40	19,50	20,90	17,30	22,10	23,10	23,20	21,40	22,00	23,00	21,00	22,00	19,00	20,00	20,00	19,00	20,00	23,00	23,00
Turbidez	100,00	100,00	NTU	2,83	4,38	16,70	6,53	6,37	4,64	0,05	7,71	5,37	6,20	46,90	35,40	8,14	13,90	11,90	26,90	8,23	8,66	4,30	17,40	7,91	5,56	5,07
Metais																										
Alumínio	-	-	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio dissolvido	0,10	0,10	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bário	0,70	0,70	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berílio	0,04	0,04	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cálcio	-	-	mg/L	18,54	12,97	14,00	19,69	4,30	19,55	16,00	12,25	13,00	21,00	15,25	15,06	11,74	18,14	11,65	25,82	21,19	24,44	14,23	24,42	24,08	1,97	17,97
Chumbo	0,01	0,01	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo	0,05	0,05	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ferro dissolvido	0,30	0,30	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	0,17	<0,1	<0,1	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	0,19	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Manganês	0,10	0,10	mg/L	0,03	0,03	0,05	0,07	0,03	<0,03	0,03	0,07	<0,03	0,06	**0,22**	0,05	**0,13**	**0,16**	0,09	0,08	0,05	0,04	0,07	0,08	0,06	<0,03	<0,03
Vanádio	0,10	0,10	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Inorgânicos																										
Cloreto	250,00	250,00	mg/L	1,55	1,44	1,49	1,40	1,14	1,05	0,95	2,43	1,19	2,69	2,12	1,86	1,79	1,58	1,49	1,76	1,59	1,55	1,24	<0,8	1,29	1,65	2,21
Fluoreto	1,40	1,40	mg/L	0,33	0,38	0,24	0,07	<0,05	0,05	0,18	0,30	0,13	0,35	0,49	0,27	0,42	0,49	0,32	0,73	0,45	0,40	0,26	0,31	0,28	0,32	0,54
Fósforo	0,344*	0,344*	mg/L	0,06	<0,01	0,08	0,01	0,03	0,03	<0,01	0,12	0,34	0,22	0,23	0,23	0,14	0,14	0,09	0,22	0,10	0,21	0,29	0,18	0,28	0,10	0,22
Fósforo dissolvido	-	-	mg/L	<0,01	<0,01	0,04	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,21	0,13	0,19	0,09	<0,1	0,07	0,04	0,08	0,06	<0,1	0,07	0,09	0,16	0,09	0,13
Nitrato	10,00	10,00	mg/L	<0,2	0,41	0,29	0,61	0,43	0,42	0,31	1,64	0,23	<0,2	<0,2	1,22	0,35	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,35	0,31	<0,2
Nitrito	1,00	1,00	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal	0,50	0,50	mg/L	0,38	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sulfato	250,00	250,00	mg/L	7,10	4,87	6,38	8,46	4,75	3,75	3,89	4,51	1,53	5,28	4,15	6,74	7,88	6,76	4,88	6,59	6,25	5,00	3,15	1,39	5,29	4,92	6,12
Sulfeto	0,002	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Orgânicos																										
Fenóis	0,003	0,003	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Surfactantes	0,50	0,50	mg/L	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,09	<0,03	<0,03
Biológicos																										
Escherichia coli	1.000,0	1.000,0	NMP/100mL	330,00	129,60	25,90	17,10	7,50	<1	1,00	19,90	<1	88,90	55,50	113,90	<1	48,40	33,10	3,10	20,20	<1	829,70	3,10	9,30	29,20	<1

Vermelho: Concentração superior aos limites legais.

* Valor de *background* (Fosfertil, 2004).

Quadro 7.6 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 80, Ponto 94 e Ponto 168.

Parâmetros Analisados	Conama 357/2005	COPAM/ CERH 01/2008	Unidade	Água Superficial																
				Ponto 80							Ponto 94							Ponto 168			
				mar/19	jun/19	set/19	dez/19	mar/20	jun/20	set/20	mar/19	jun/19	set/19	dez/19	mar/20	jun/20	set/20	jun/19	dez/19	fev/20	jun/20
Físico-Químicos																					
Condutividade elétrica	-	-	µS/cm	84,00	118,90	126,50	102,20	86,42	109,90	101,70	51,36	108,30	146,00	143,80	143,80	151,30	122,90	53,40	48,55	70,26	104,20
DBO	5,00	5,00	mg/L	<2	<2	<2	<2	3,88	2,00	3,74	<2	<2	<2	<2	4,02	2,71	2,18	<2	<2	4,20	2,23
DQO	-	-	mg/L	<20	<20	<20	<20	<20	<20	20,98	<20	<20	<20	<20	24,61	<20	22,84	<20	<20	<20	<20
Oxigênio dissolvido	> 5	> 5	mg/L	7,20	7,40	7,20	8,50	5,50	8,10	7,80	7,20	7,10	7,50	6,90	5,70	8,00	6,00	5,40	9,00	5,80	6,10
pH	6 a 9	6 a 9	-	7,49	8,06	7,66	8,36	7,56	8,43	7,80	7,40	7,99	7,15	8,34	7,40	7,68	7,78	8,12	8,12	7,21	7,35
Sólidos dissolvidos totais	500,00	500,00	mg/L	50,00	72,00	62,00	60,00	52,00	66,00	74,00	30,00	64,00	72,00	84,00	90,00	90,00	74,00	32,00	30,00	42,00	62,00
Sólidos sedimentáveis	-	-	mL/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,1	0,20	0,20	0,20
Sólidos suspensos	-	100,00	mg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Temperatura	-	-	°C	22,60	20,40	22,00	22,00	20,00	19,00	23,00	22,30	19,80	22,10	22,30	22,00	22,00	22,00	18,90	21,00	21,00	19,00
Turbidez	100,00	100,00	NTU	4,52	4,34	1,70	2,34	3,43	2,81	2,54	6,43	8,63	0,64	0,25	0,45	0,84	0,59	4,10	4,72	14,60	6,56
Metais																					
Alumínio	-	-	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,11	<0,05	<0,05
Alumínio dissolvido	0,10	0,10	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bário	0,70	0,70	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Berílio	0,04	0,04	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cálcio	-	-	mg/L		8,45		9,81	-	15,42		5,49	9,15	8,53	15,87	10,40	17,36	17,28	6,80	8,09	7,81	28,54
Chumbo	0,01	0,01	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Cromo	0,05	0,05	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ferro dissolvido	0,30	0,30	mg/L	0,21	<0,1	0,12	<0,1	0,19	0,29	0,12	0,21	0,25	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-	-
Manganês	0,10	0,10	mg/L	0,10	0,09	0,05	0,10	**0,16**	0,10	0,09	0,07	**0,11**	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,09	0,05	<0,03
Vanádio	0,10	0,10	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Inorgânicos																					
Cloreto	250,00	250,00	mg/L	-	<0,8	-	<0,8	-	<0,8	-	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	1,15	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
Fluoreto	1,40	1,40	mg/L	0,08	<0,5	0,09	0,35	0,11	0,09	0,21	0,08	0,05	0,08	0,32	0,10	0,13	0,08	<0,05	0,30	0,12	0,05
Fósforo	0,344*	0,344*	mg/L	0,09	0,11	0,11	0,28	0,10	0,10	0,26	0,12	0,31	0,25	0,22	0,23	0,26	0,32	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fósforo dissolvido	-	-	mg/L	0,04	<0,1	0,07	0,12	0,06	0,05	0,11	0,06	0,09	0,20	0,22	0,19	0,18	0,19	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	10,00	10,00	mg/L	0,46	0,26	0,35	<0,2	<0,2	0,20	0,37	0,30	0,69	0,96	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,41	<0,2	<0,2	<0,2
Nitrito	1,00	1,00	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nitrogênio amoniacal	0,50	0,50	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	<0,2	<0,2	<0,2	0,20	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sulfato	250,00	250,00	mg/L	2,24	1,21	1,08	1,25	1,20	0,85	1,23	<0,8	1,15	1,71	1,87	1,49	1,97	0,93	<0,8	0,92	1,25	0,93
Sulfeto	0,002	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Orgânicos																					
Fenóis	0,003	0,003	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Surfactantes	0,50	0,50	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,04	0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Biológicos																					
Escherichia coli	1.000,0	1.000,0	NMP/100mL	-	23,10	-	34,30	-	26,30	-	85,00	1,00	6,20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	325,50	21,20

Vermelho: Concentração superior aos limites legais.

* Valor de *background* (Fosfertil, 2004).

Quadro 7.7 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 172.

Parâmetros Analisados	Conama 357/2005	COPAM/ CERH 01/2008	Unidade	Água Superficial																						
				Ponto 172																						
				jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20
Físico-Químicos																										
Condutividade elétrica	-	-	µS/cm	165,00	133,60	141,00	138,30	114,80	122,70	151,50	157,90	177,20	148,00	180,30	88,65	143,20	128,10	134,60	150,70	123,20	132,50	202,30	144,30	123,90	171,90	185,70
DBO	5,00	5,00	mg/L	2,22	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3,04	<2	3,62	<2	4,42	<2	<2	4,22	4,02	4,91	<2
DQO	-	-	mg/L	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	50,40	29,57	<20	<20
Oxigênio dissolvido	> 5	> 5	mg/L	7,70	6,10	7,30	8,90	8,10	6,00	8,80	8,60	8,50	9,10	6,50	7,00	7,80	8,00	6,80	7,00	6,80	7,60	6,80	7,50	8,20	6,80	7,50
pH	6 a 9	6 a 9	-	7,09	7,57	7,24	7,33	7,74	8,15	6,70	7,20	8,04	8,18	8,41	7,79	7,90	7,98	7,91	7,82	8,37	7,83	8,09	7,75	7,80	8,04	7,86
Sólidos dissolvidos totais	500,00	500,00	mg/L	100,00	80,00	84,00	84,00	68,00	74,00	88,00	94,00	106,00	74,00	90,00	54,00	84,00	82,00	82,00	90,00	74,00	80,00	122,00	78,00	68,00	114,00	112,00
Sólidos sedimentáveis	-	-	mL/L	0,10	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	0,40	0,20	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos suspensos	-	100,00	mg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	12,00	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Temperatura	-	-	°C	23,50	21,00	23,30	21,20	21,40	20,10	20,30	18,50	21,40	23,20	23,50	21,30	22,00	23,00	21,00	24,00	20,00	20,00	20,00	20,00	21,00	24,00	22,00
Turbidez	100,00	100,00	NTU	6,90	7,93	22,50	7,04	3,80	2,90	1,88	1,84	1,53	3,02	2,69	20,20	9,93	13,30	29,20	100,00	4,43	5,03	2,34	6,83	2,33	3,19	2,36
Metais																										
Alumínio	-	-	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio dissolvido	0,10	0,10	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05
Bário	0,70	0,70	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Berílio	0,04	0,04	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cálcio	-	-	mg/L	14,43	15,97	7,74	10,14	8,95	5,25	9,65	6,80	10,58	12,65	11,85	9,64	7,90	12,02	6,70	15,92	10,17	12,51	17,21	12,94	12,58	16,48	8,96
Chumbo	0,01	0,01	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Cromo	0,05	0,05	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ferro dissolvido	0,30	0,30	mg/L	<0,1	0,22	<0,1	<0,1	0,20	0,12	0,13	0,15	0,14	0,23	0,22	0,15	0,16	<0,1	<0,1	0,13	0,10	0,12	<0,1	<0,1	0,13	0,19	0,11
Manganês	0,10	0,10	mg/L	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	<0,03	<0,03	0,04	0,03	0,06	0,05	<0,03	0,05	0,05	0,07	0,08	<0,03	<0,03	<0,03	0,06	0,04	0,05	<0,03
Vanádio	0,10	0,10	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Inorgânicos																										
Cloreto	250,00	250,00	mg/L	1,34	0,83	1,60	1,13	0,97	0,83	0,94	1,75	10,58	1,60	1,12	1,35	1,39	1,52	1,30	1,40	1,00	1,00	1,18	<0,8	1,11	1,12	1,23
Fluoreto	1,40	1,40	mg/L	0,23	0,23	0,31	0,18	<0,05	<0,05	0,05	0,13	0,07	0,07	0,11	0,20	0,31	0,52	0,34	0,62	0,20	<0,05	0,24	0,09	0,19	0,12	0,16
Fósforo	0,344*	0,344*	mg/L	0,19	<0,01	0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,18	0,17	0,22	0,03	0,23	0,12	0,13	0,14	0,04	0,03	0,29	0,04	0,18	0,22	0,18
Fósforo dissolvido	-	-	mg/L	0,11	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05	0,05	0,03	0,02	<0,01	0,13	0,02	0,02	0,04	0,04
Nitrato	10,00	10,00	mg/L	1,07	0,23	0,24	0,47	0,46	0,72	0,59	1,76	0,46	1,41	<0,2	<0,2	0,55	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,28	0,23	0,25	0,98	<0,2
Nitrito	1,00	1,00	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nitrogênio amoniacal	0,50	0,50	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sulfato	250,00	250,00	mg/L	3,56	2,61	3,36	3,45	1,86	2,58	3,42	3,09	1,26	3,05	2,67	2,36	3,72	3,43	2,42	3,34	2,59	2,55	2,71	1,40	2,59	3,00	2,04
Sulfeto	0,002	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Orgânicos																										
Fenóis	0,003	0,003	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Surfactantes	0,50	0,50	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03
Biológicos																										
Escherichia coli	1.000,0	1.000,0	NMP/100mL	920,70	344,80	172,30	146,70	214,20	23,90	24,30	307,60	68,40	344,80	133,70	160,20	<1	50,50	16,00	26,60	62,00	32,70	112,70	10,60	307,60	23,70	<1

Vermelho: Concentração superior aos limites legais.

* Valor de *background* (Fosfertil, 2004).

Quadro 7.8 – Resultados obtidos nas águas superficiais – Ponto 220.

Parâmetros Analisados	Conama 357/2005	COPAM/ CERH 01/2008	Unidade	Água Superficial																						
				Ponto 220																						
				jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20
Físico-Químicos																										
Condutividade elétrica	-	-	µS/cm	12,59	15,07	10,99	11,20	12,53	12,44	12,39	11,75	21,34	16,29	18,99	14,77	13,22	11,12	9,43	11,17	12,72	9,95	12,36	10,40	13,75	734,10	19,12
DBO	5,00	5,00	mg/L	<2	<2	<2	3,95	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2,41	<2	3,46	<2	3,32	2,00	<2	4,59	3,83	3,55	3,13
DQO	-	-	mg/L	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	56,32	25,74	<20	<20
Oxigênio dissolvido	> 5	> 5	mg/L	6,40	6,90	5,10	7,80	7,50	7,40	7,00	7,10	7,30	6,80	6,50	6,60	6,00	8,20	6,00	7,50	6,00	7,90	7,80	5,20	7,80	6,40	6,20
pH	6 a 9	6 a 9	-	7,32	7,04	7,52	7,22	6,82	8,68	6,89	7,75	8,12	7,63	8,40	6,55	6,53	6,32	6,47	6,43	7,35	6,58	7,91	6,29	6,73	6,46	7,09
Sólidos dissolvidos totais	500,00	500,00	mg/L	<10	10,00	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10,00	10,00
Sólidos sedimentáveis	-	-	mL/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,20	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,90	0,30	<0,1	0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,20	0,30	<0,1	<0,1	0,20
Sólidos suspensos	-	100,00	mg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Temperatura	-	-	°C	21,70	20,70	22,10	21,00	19,60	18,70	20,40	17,70	22,60	22,60	23,10	21,60	22,00	23,00	20,00	22,00	19,00	21,00	20,00	19,00	21,00	23,00	21,00
Turbidez	100,00	100,00	NTU	7,88	6,83	6,18	7,28	12,50	9,00	8,68	7,11	6,62	18,00	19,60	6,00	8,38	6,73	6,71	6,27	4,83	5,17	6,92	11,10	8,49	14,30	16,80
Metais																										
Alumínio	-	-	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio dissolvido	0,10	0,10	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Bário	0,70	0,70	mg/L	<0,2	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Berílio	0,04	0,04	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cálcio	-	-	mg/L	1,42	1,24	1,82	5,14	1,81	2,39	2,02	6,45	1,53	1,77	4,74	2,31	2,08	1,19	0,74	3,48	1,60	4,44	1,31	0,64	3,29	1,99	2,75
Chumbo	0,01	0,01	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Cromo	0,05	0,05	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ferro dissolvido	0,30	0,30	mg/L	<0,1	0,25	0,12	<0,1	<0,1	0,11	0,11	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,26	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,21	0,11
Manganês	0,10	0,10	mg/L	0,05	0,08	0,05	0,07	0,06	0,05	0,05	0,06	0,08	**0,20**	**0,15**	**0,14**	0,09	0,08	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	**0,20**	**0,19**
Vanádio	0,10	0,10	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Inorgânicos																										
Cloreto	250,00	250,00	mg/L	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	1,01	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	0,83	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
Fluoreto	1,40	1,40	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	0,07	<0,05	<0,05	0,08	0,27	0,06	0,15	0,08	0,13	0,07	<0,05	<0,05	0,10	0,16	0,26	0,32
Fósforo	0,344*	0,344*	mg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,11	0,16	0,18	0,23	0,21	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,19	0,22	0,34	0,16	0,13	<0,01
Fósforo dissolvido	-	-	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,18	<0,01	0,02	0,01	0,01	<0,01
Nitrato	10,00	10,00	mg/L	0,65	0,21	0,29	0,25	<0,2	0,98	0,21	0,67	0,92	0,46	<0,2	<0,2	0,28	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,21	<0,2	0,29	0,39	<0,1
Nitrito	1,00	1,00	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nitrogênio amoniacal	0,50	0,50	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	**0,53**	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sulfato	250,00	250,00	mg/L	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	0,89	0,80	1,13	1,64	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	1,05	1,03	<0,8
Sulfeto	0,002	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Orgânicos																										
Fenóis	0,003	0,003	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Surfactantes	0,50	0,50	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,05	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,04	<0,03	0,04	0,04
Biológicos																										
Escherichia coli	1.000,0	1.000,0	NMP/100mL	<1	16,00	6,20	13,20	13,10	47,30	38,60	6,30	33,90	41,00	27,10	20,80	2,00	<1	21,60	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Vermelho: Concentração superior aos limites legais.

* Valor de *background* (Fosfertil, 2004).

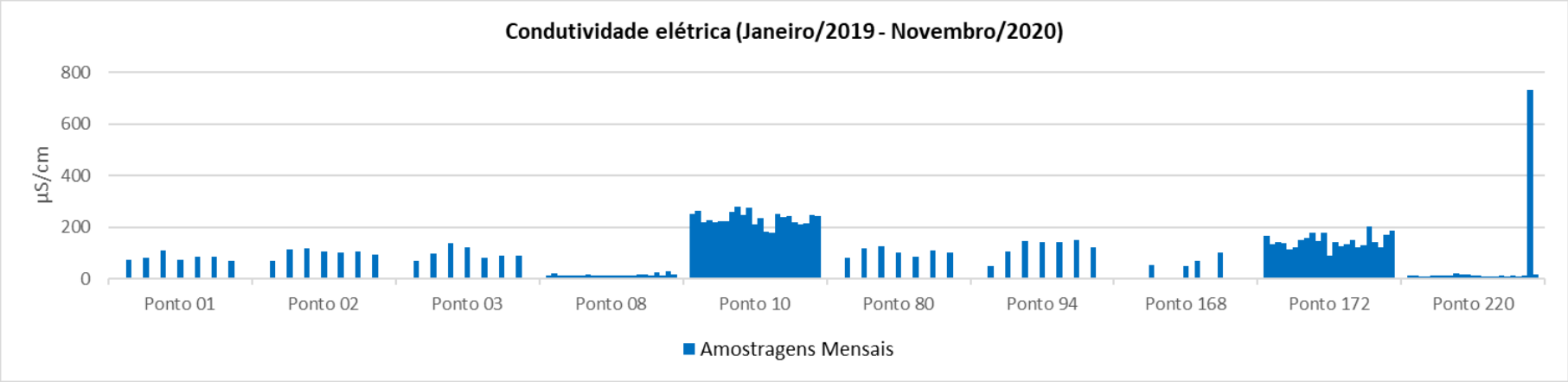


Figura 7.2 – Valores de condutividade elétrica nas águas superficiais.

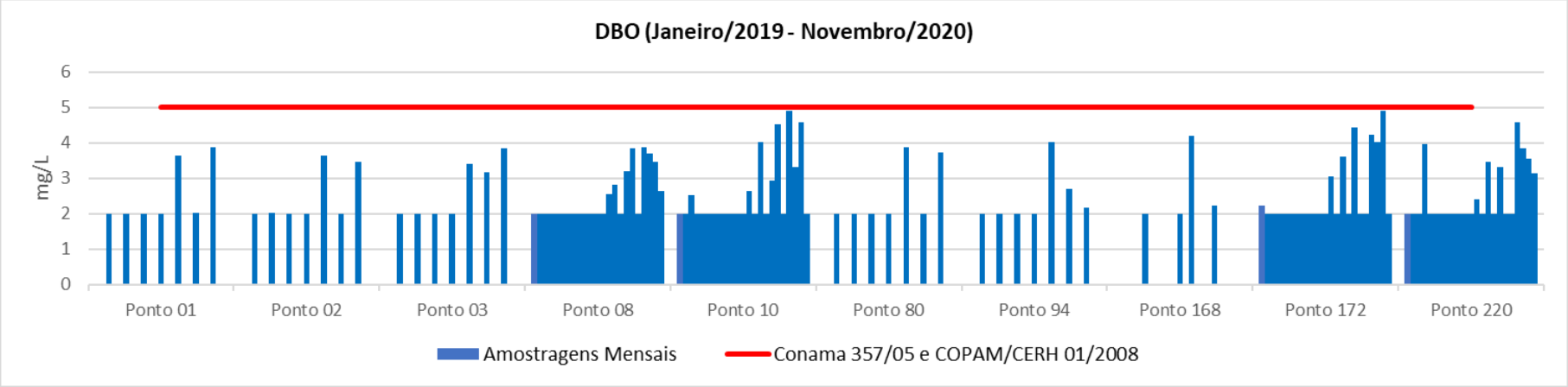


Figura 7.3 – Valores de DBO nas águas superficiais.

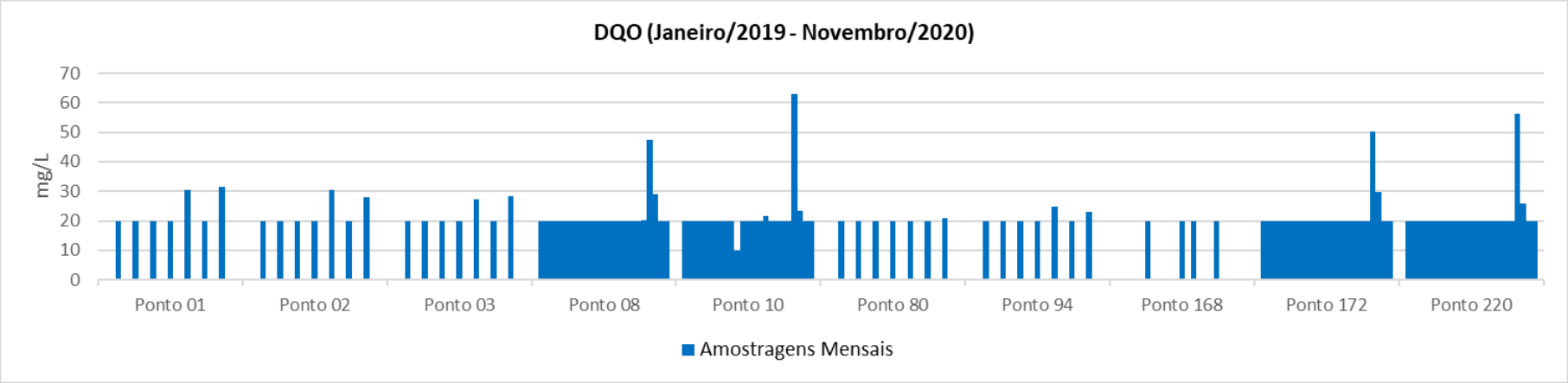


Figura 7.4– Valores de DQO nas águas superficiais.

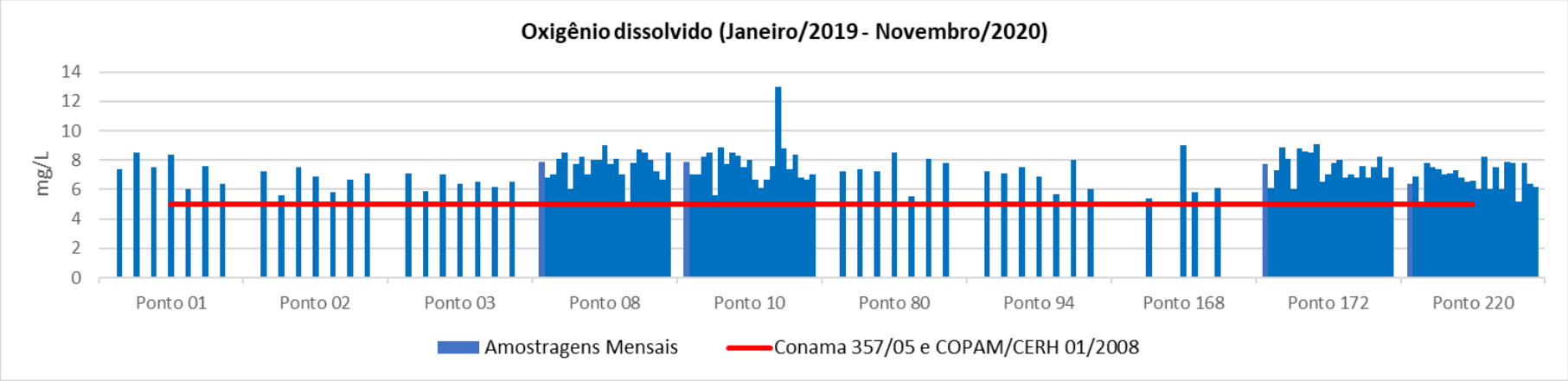


Figura 7.5– Valores de oxigênio dissolvido nas águas superficiais.

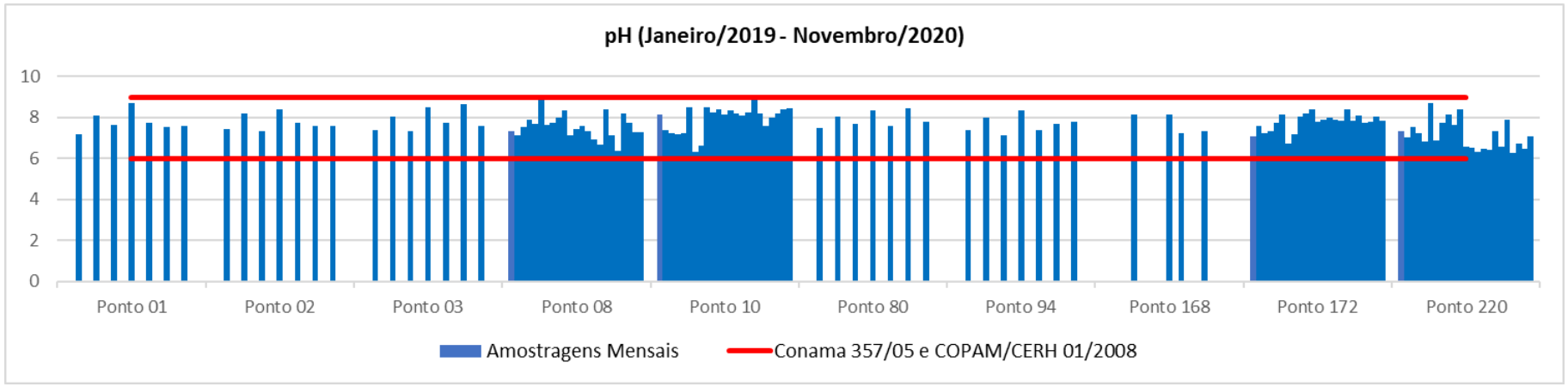


Figura 7.6– Valores de pH das águas superficiais.

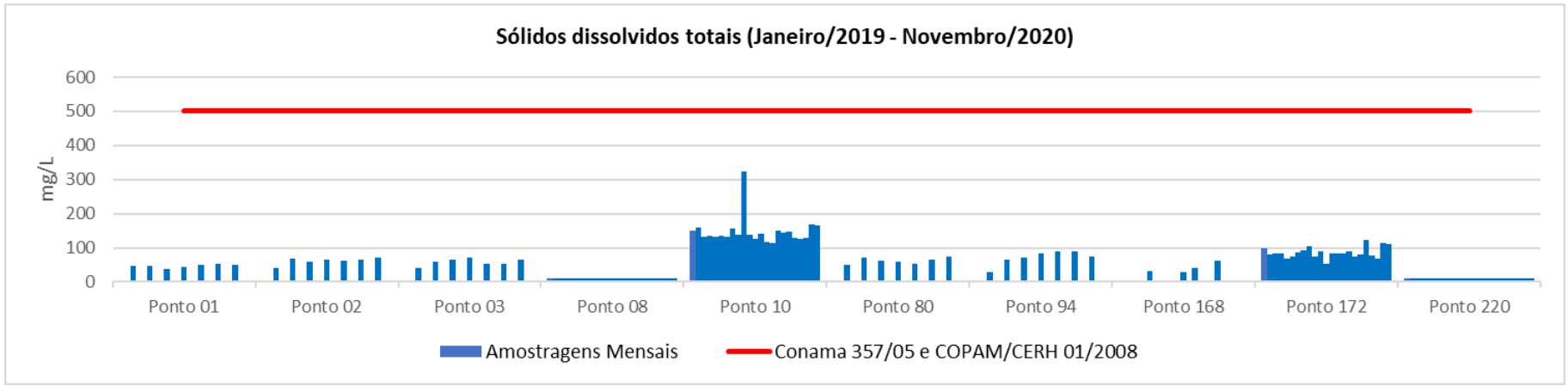


Figura 7.7– Valores de sólidos dissolvidos totais nas águas superficiais.

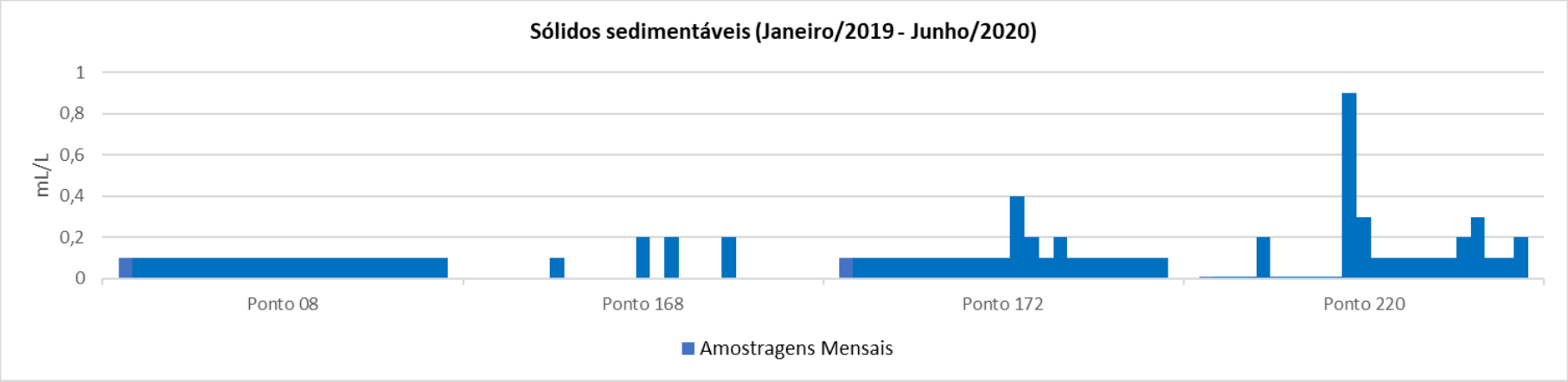


Figura 7.8– Valores de sólidos sedimentáveis nas águas superficiais.

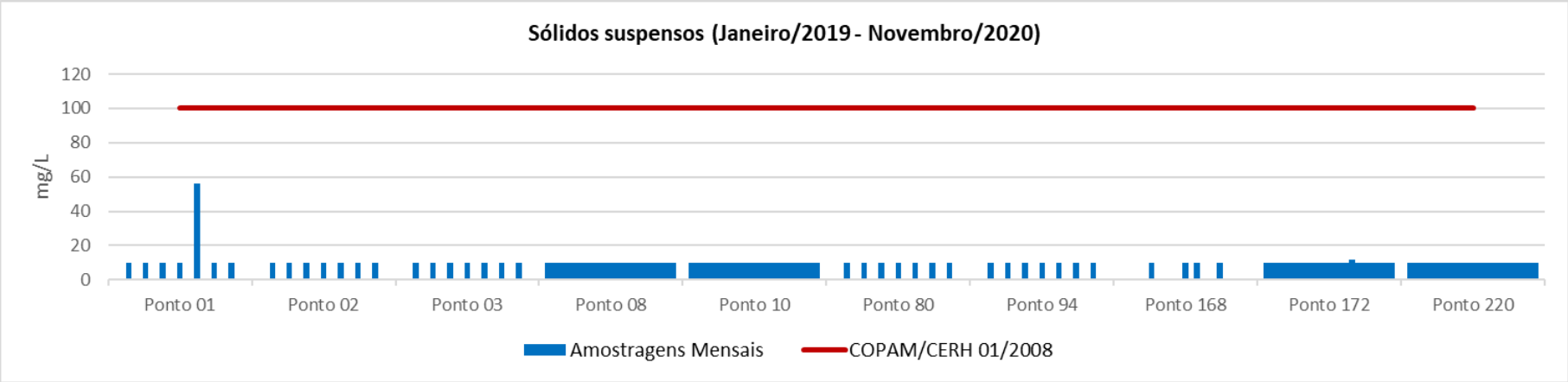


Figura 7.9– Valores de sólidos suspensos nas águas superficiais.

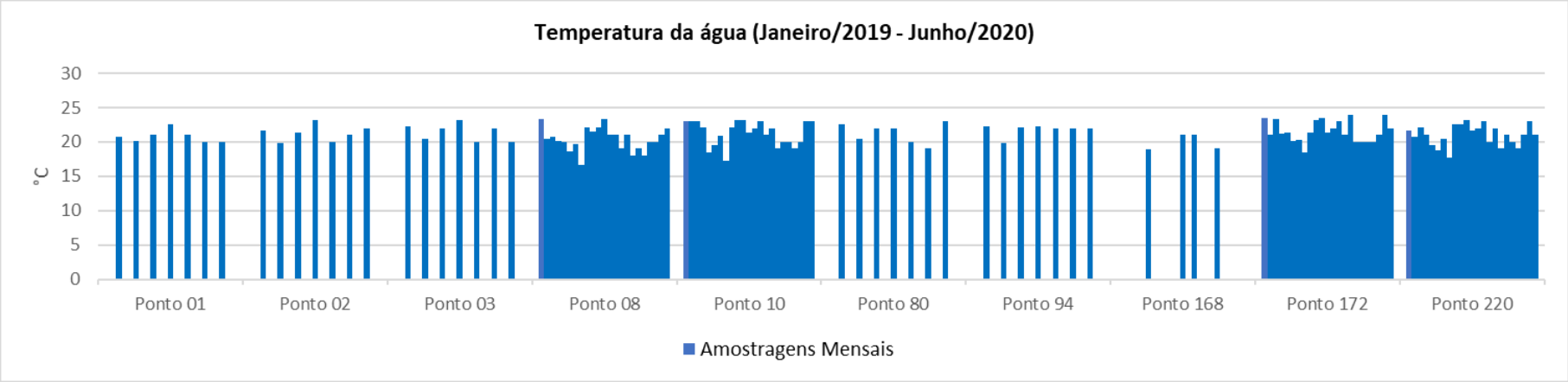


Figura 7.10– Valores de temperatura das águas superficiais.

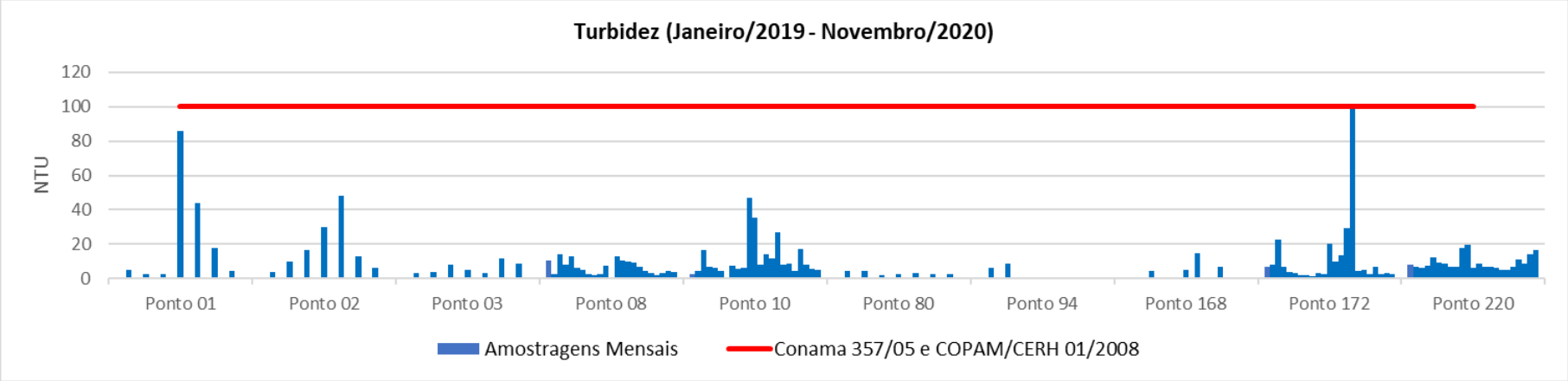


Figura 7.11– Valores de turbidez das águas superficiais.

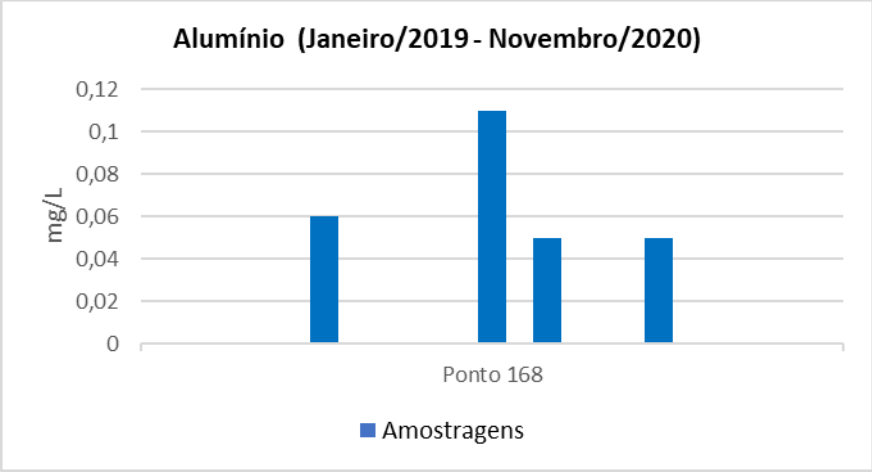


Figura 7.12 – Teores de alumínio nas águas superficiais.

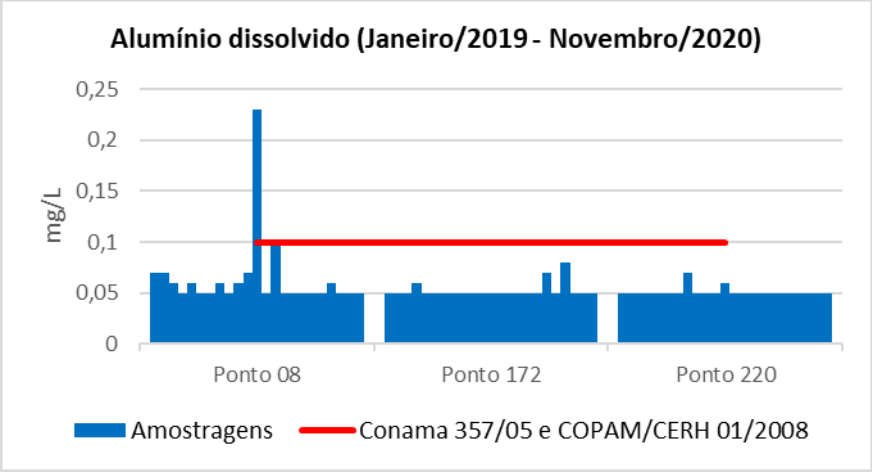


Figura 7.13 – Teores de alumínio dissolvido nas águas superficiais.

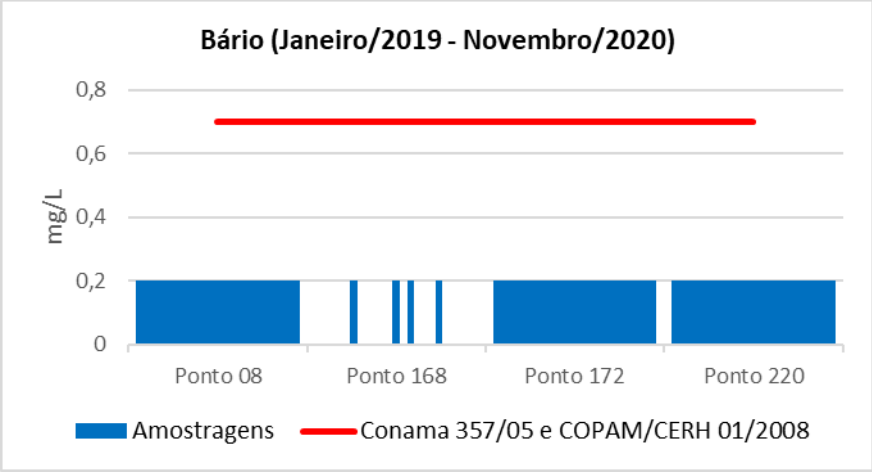


Figura 7.14 – Teores de bário nas águas superficiais.

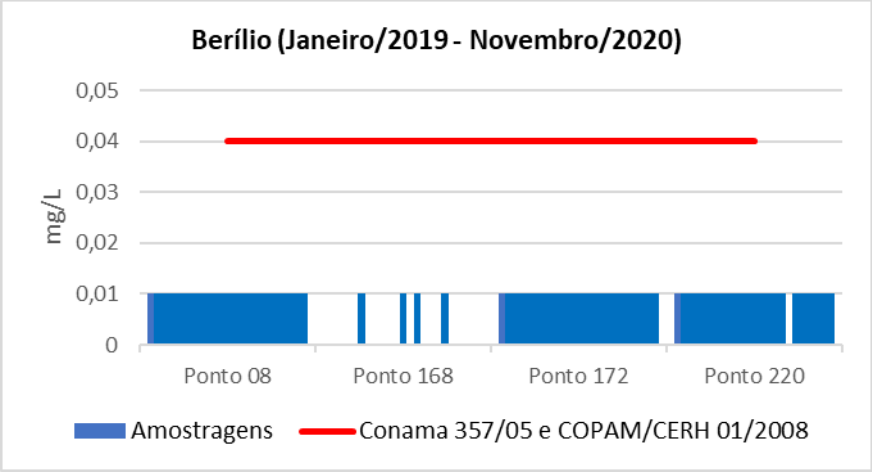


Figura 7.15 – Teores de berílio nas águas superficiais.

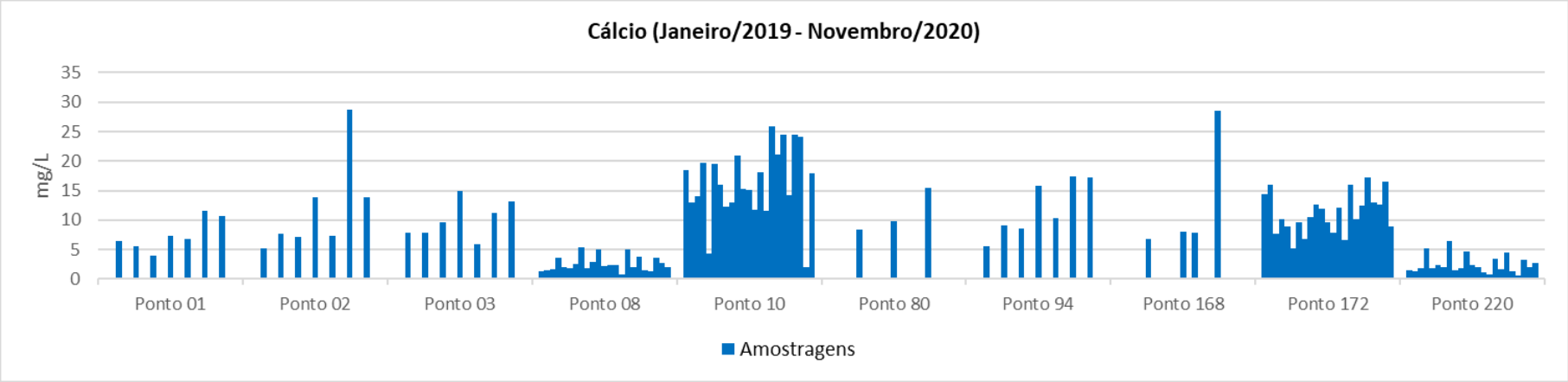


Figura 7.16 – Teores de cálcio nas águas superficiais.

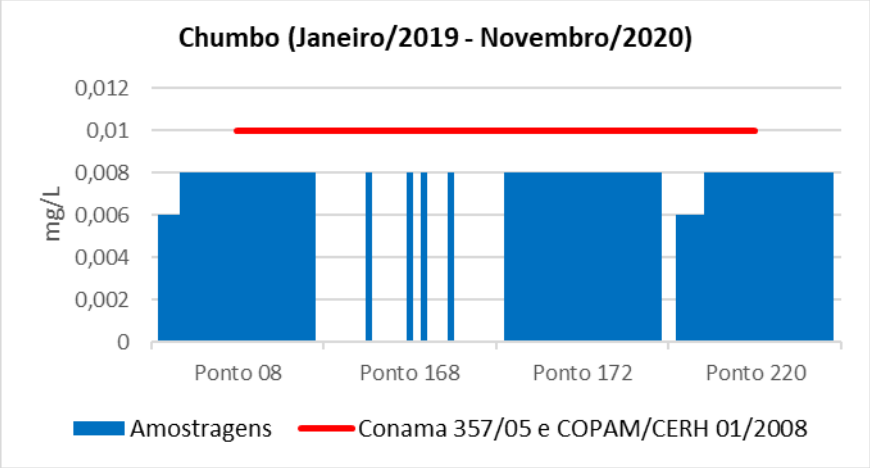


Figura 7.17 – Teores de chumbo nas águas superficiais.

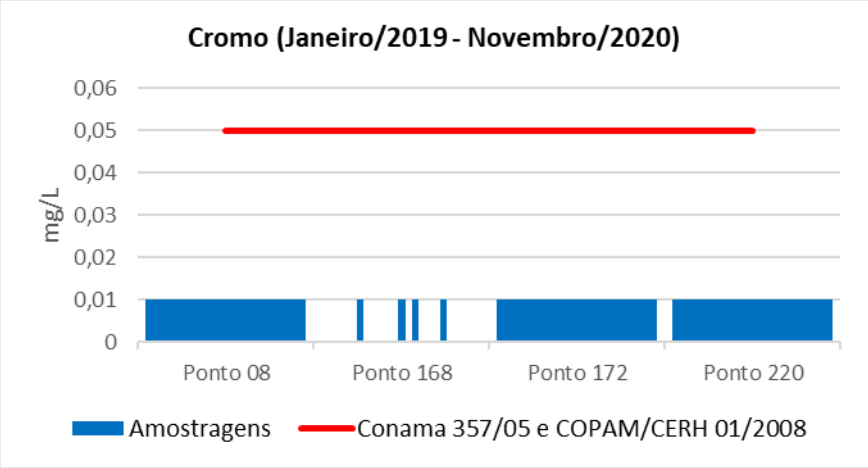


Figura 7.18 – Teores de cromo nas águas superficiais.

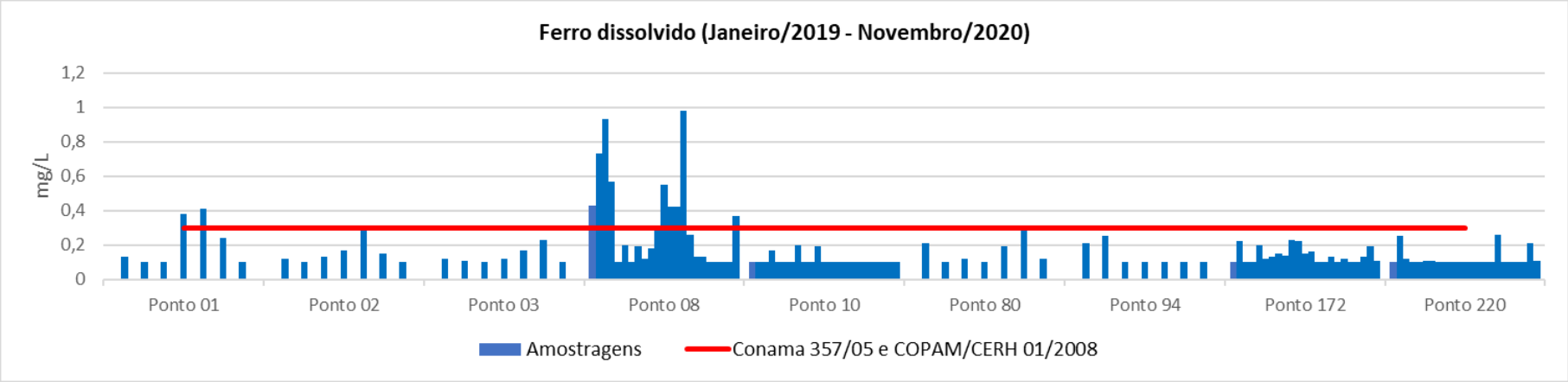


Figura 7.19 – Teores de ferro dissolvido nas águas superficiais.

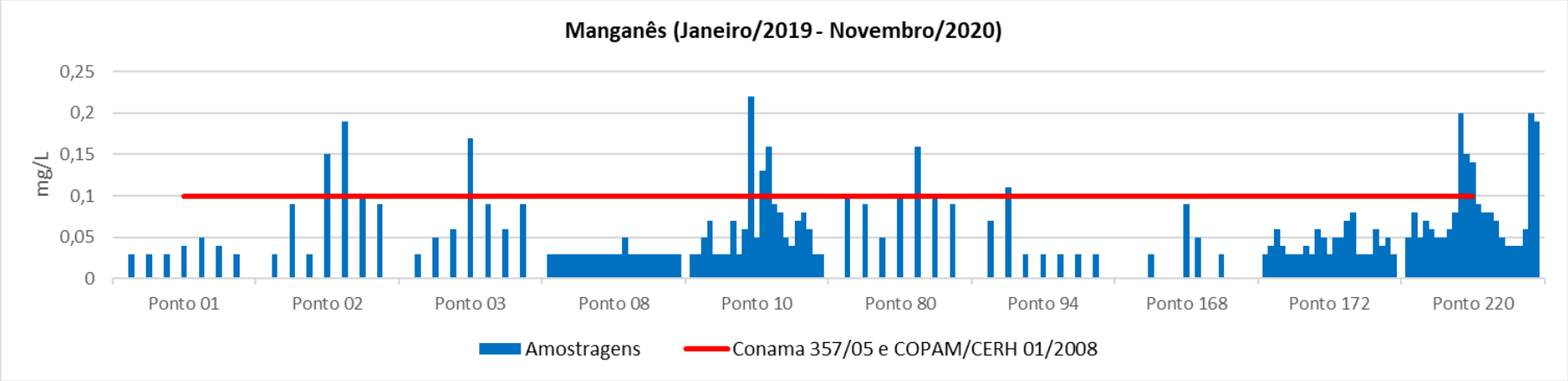


Figura 7.20 – Teores de manganês nas águas superficiais.

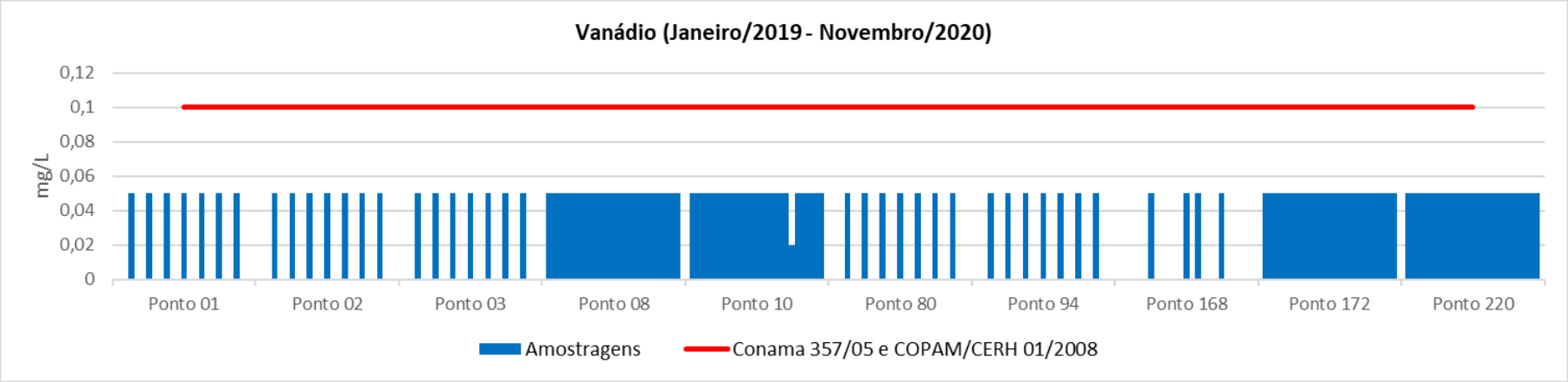


Figura 7.21 – Teores de vanádio nas águas superficiais.

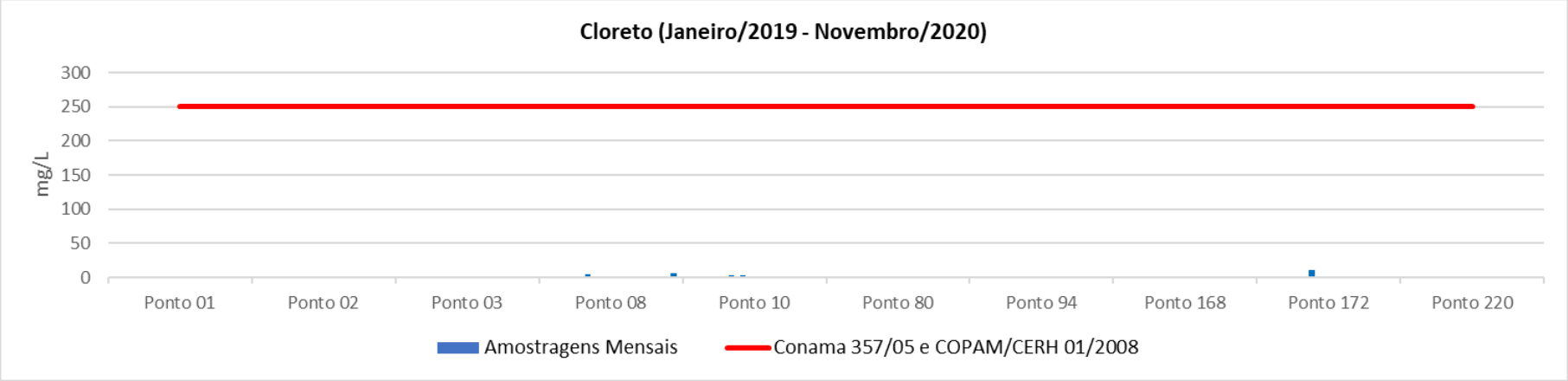


Figura 7.22 – Teores de cloreto nas águas superficiais.

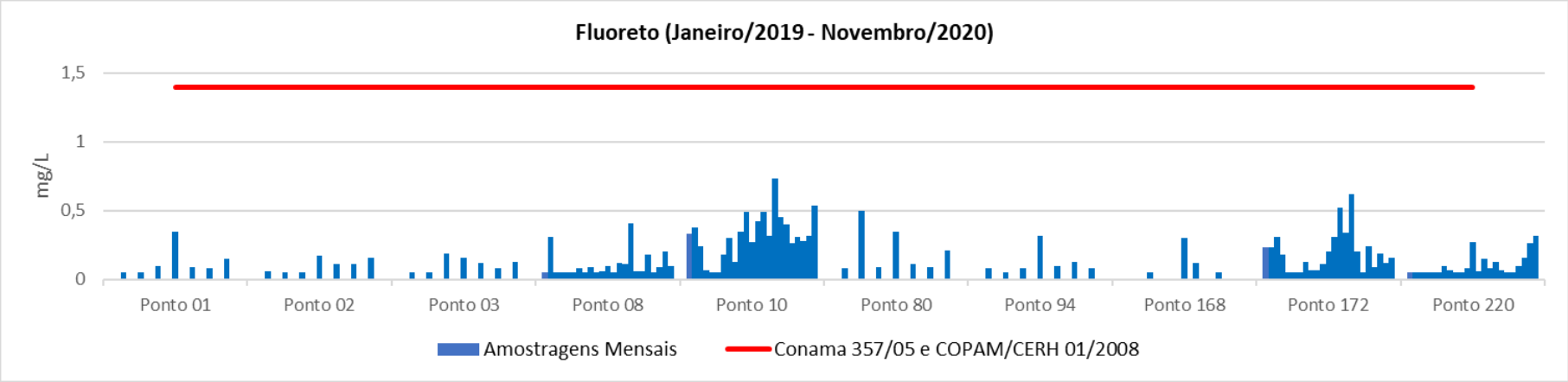


Figura 7.23 – Teores de fluoreto nas águas superficiais.

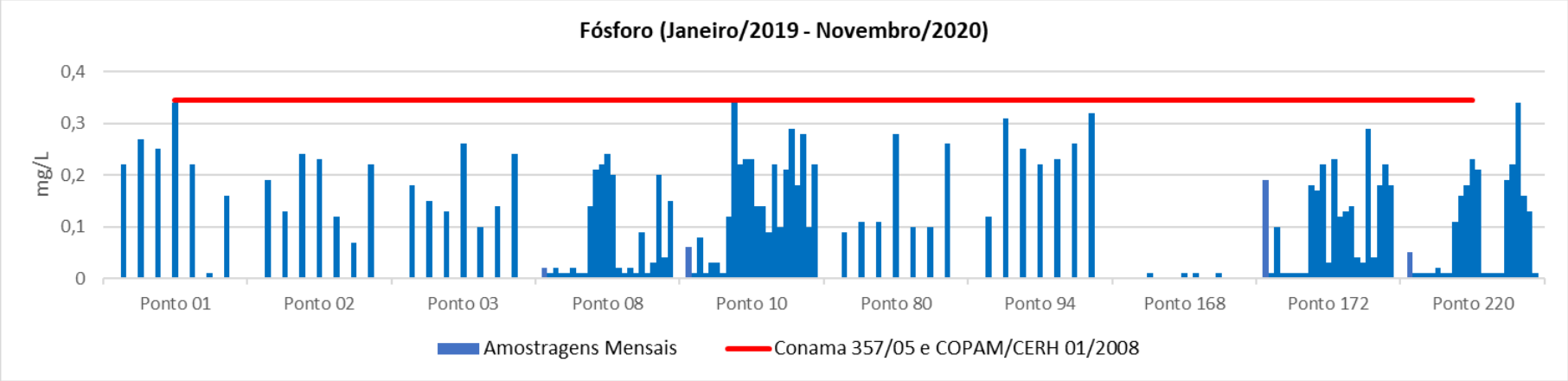


Figura 7.24 – Teores de fósforo nas águas superficiais.

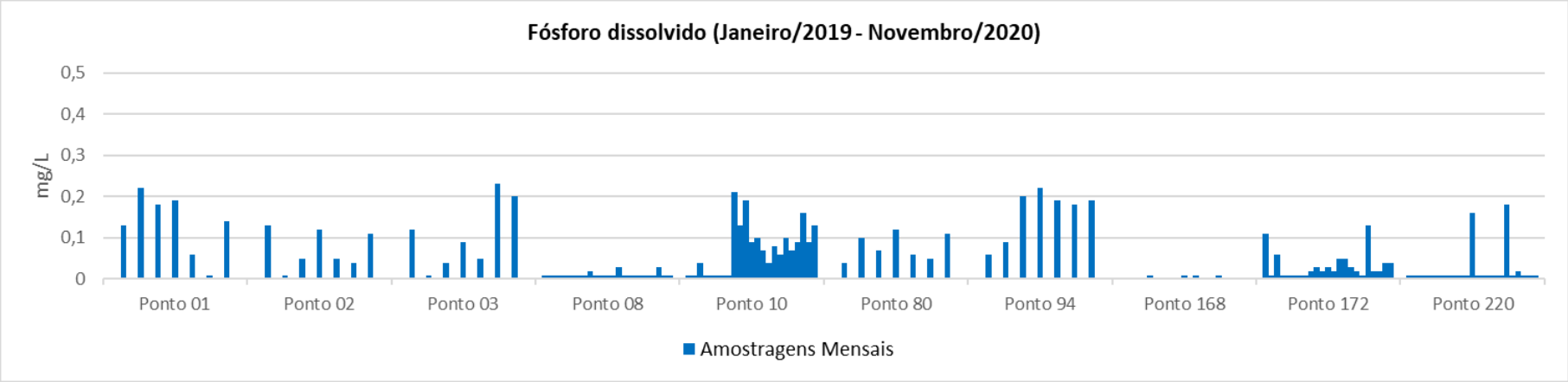


Figura 7.25 – Teores de fósforo dissolvido nas águas superficiais.

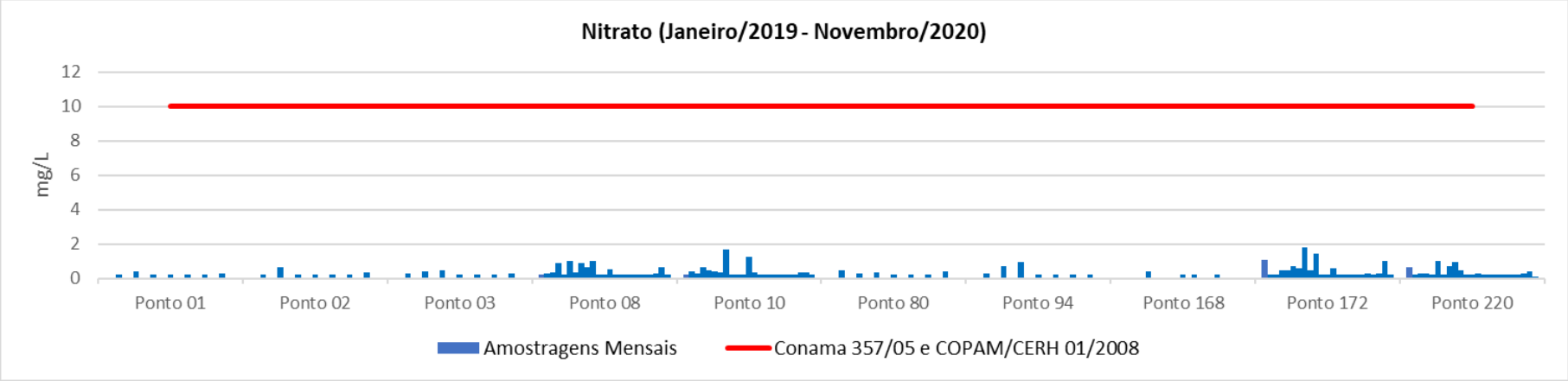


Figura 7.26 – Teores de nitrato nas águas superficiais.

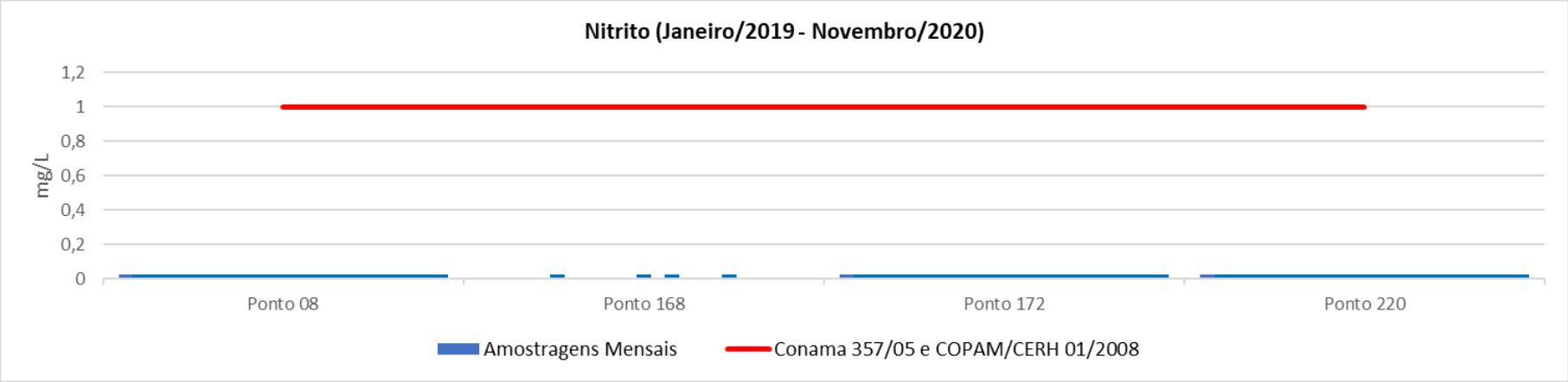


Figura 7.27 – Teores de nitrito nas águas superficiais.

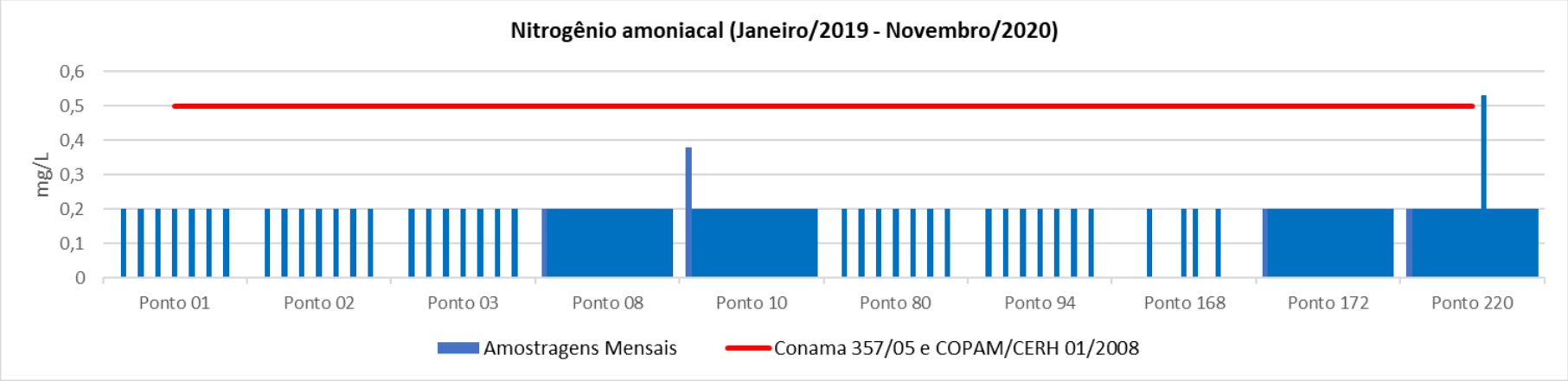


Figura 7.28 – Teores de nitrogênio amoniacal nas águas superficiais.

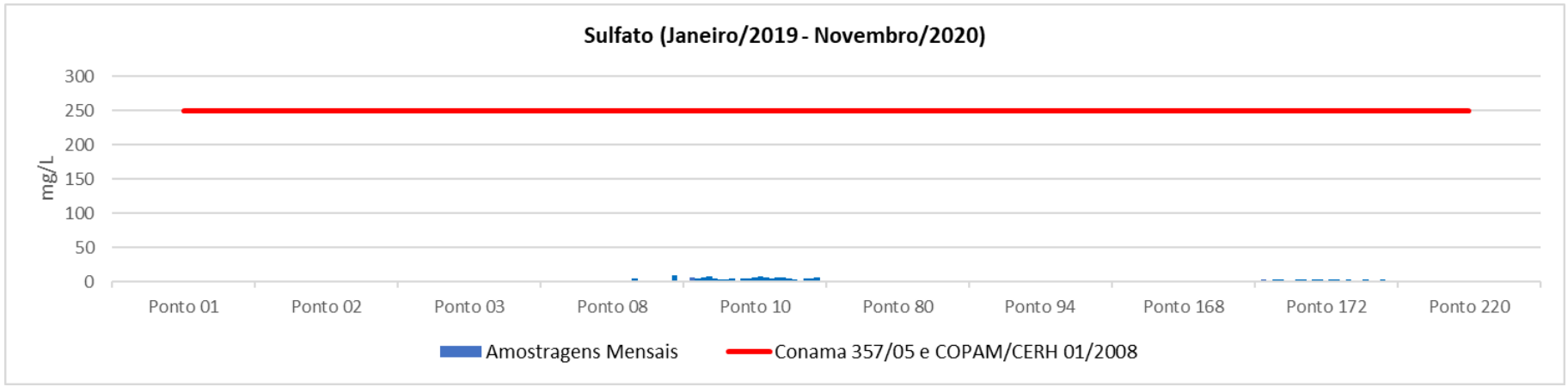


Figura 7.29 – Teores de sulfato nas águas superficiais.

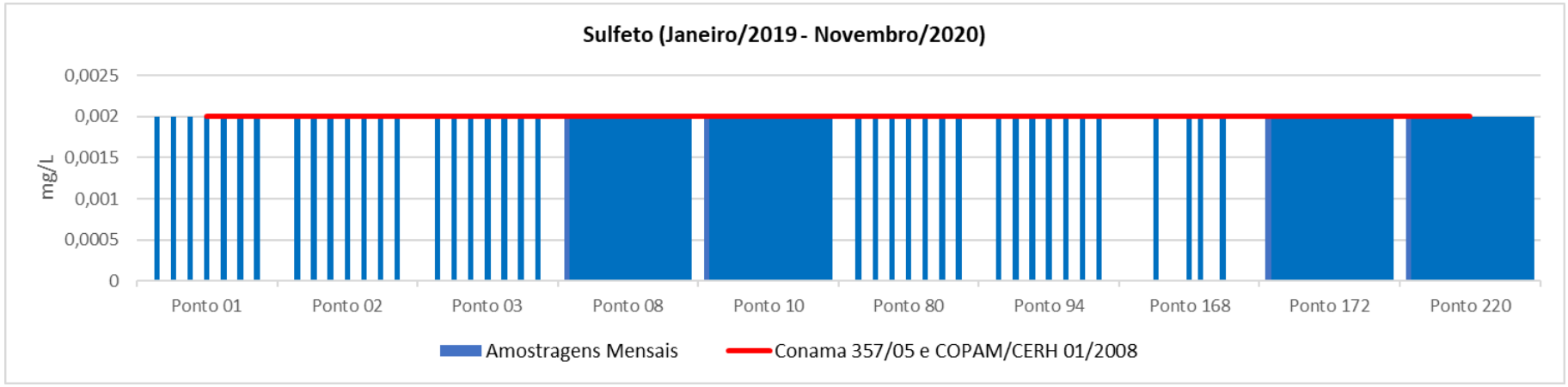


Figura 7.30 – Teores de sulfeto nas águas superficiais.

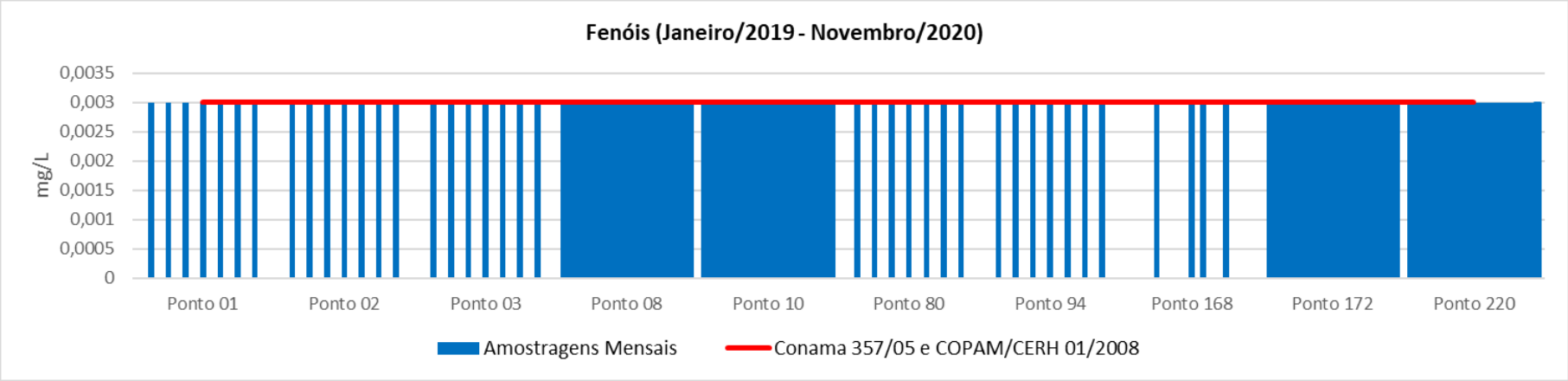


Figura 7.31 – Teores de fenóis nas águas superficiais.

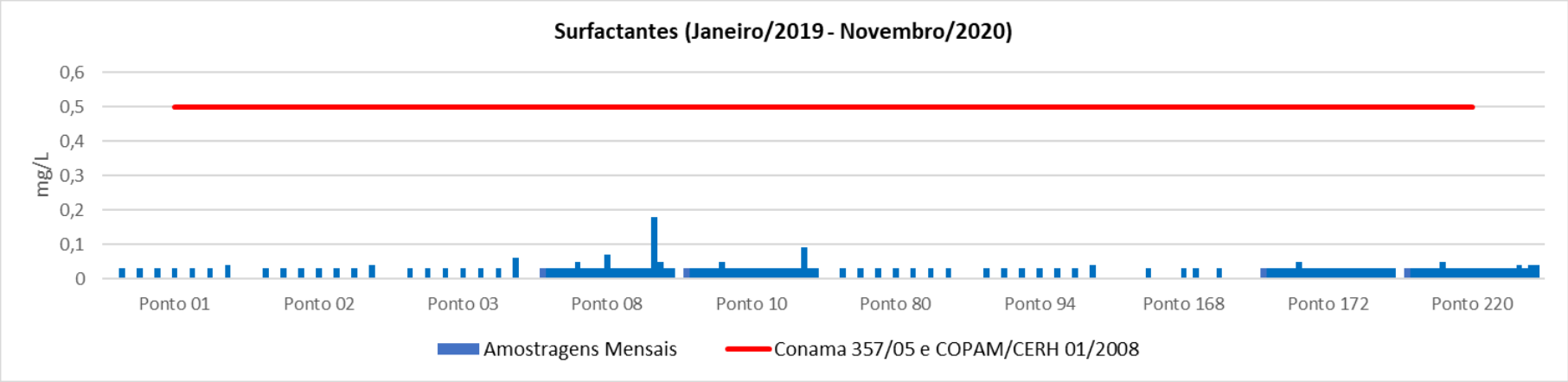


Figura 7.32 – Teores de surfactantes nas águas superficiais.

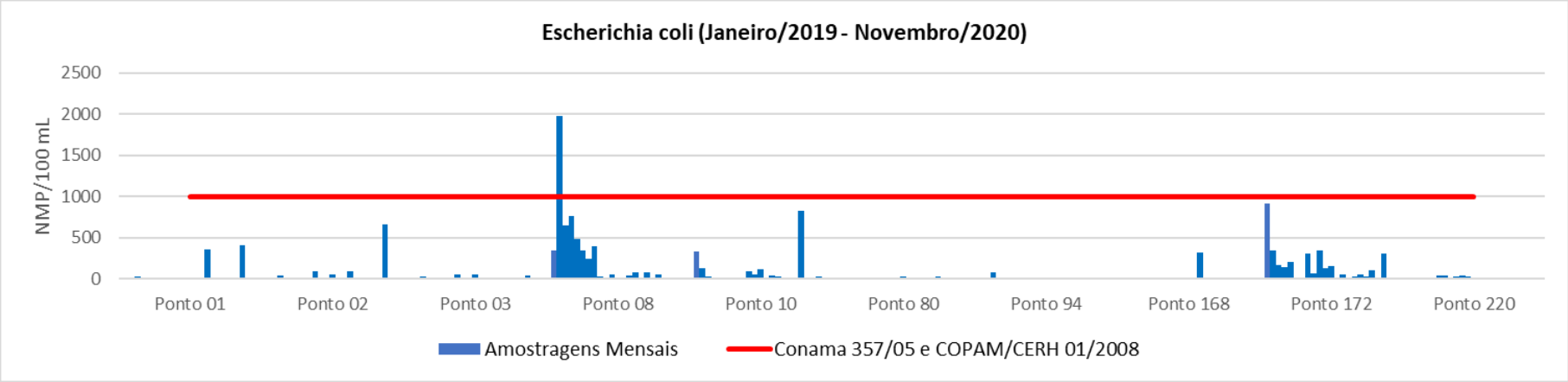


Figura 7.33 – Concentrações da bactéria *Escherichia coli* nas águas superficiais.

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos monitorados são importantes, pois configuram um leque de diferentes possibilidades de interferências que o empreendimento pode ter sobre as águas superficiais.

Os parâmetros físico-químicos se apresentaram de acordo com os padrões de qualidade.

Em relação aos analitos metálicos, ultrapassaram os valores máximos da Resolução Conama nº 357/2005 e da Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01/2008: alumínio, ferro dissolvido e manganês.

O alumínio dissolvido foi detectado em concentração superior aos valores máximos das normas somente no Ponto 08 no mês de dezembro/2019. Visto que no restante dos meses de amostragem, conforme a **Figura 7.13**, os teores de alumínio foram muito similares (por vezes inferiores ao limite de quantificação do laboratório para essa substância), pode-se considerar uma anomalia pontual associada à campanha de dezembro/2019.

O ferro dissolvido foi analisado em 9 pontos de amostragem. Contudo, foi obtido em teores acima dos limites estabelecidos por lei apenas nos Pontos 01 e 08 (**Figura 7.19**). No Ponto 01, as ocorrências estão restritas apenas aos meses de dezembro/2019 e março/2020. Já no Ponto 08, as concentrações em desacordo com os padrões de qualidade são recorrentes nos períodos entre janeiro e abril de 2019 e entre dezembro/2019 e março/2020. Além disso, na campanha de novembro/2020, o teor de ferro dissolvido também ultrapassa o valor máximo permitido pela legislação vigente.

Em relação ao manganês (**Figura 7.20**), anomalias pontuais de altas concentrações são encontradas no Ponto 03 (dezembro/2019), no Ponto 80 (março/2020) e no Ponto 94 (junho/2019). Vale ressaltar que o Ponto 94 está a montante do empreendimento e, portanto, as atividades industriais não são responsáveis pela alteração dessa substância nas águas. Também são obtidos teores superiores aos limites legais no Ponto 02 (dezembro/2019 e março/2020), no Ponto 10 (novembro/2019, janeiro e fevereiro de 2020) e, por fim, no Ponto 220 (no período de outubro a dezembro de 2019 e nos meses de outubro e novembro de 2020).

Conforme estudo de *background*, o qual analisou dados do Complexo de Mineração de Tapira de 2005 a 2012, a presença de ferro e manganês nas águas relaciona-se com sua ocorrência natural nos solos. Durante o período chuvoso, é comum o arraste de partículas de solo para dentro dos corpos d'água, contribuindo, assim, para o aumento na concentração desse parâmetro.

Além disso, vale ressaltar que os metais ferro, alumínio e manganês são elementos essenciais a organismos vivos, possuem ampla e natural distribuição no solo e na água e possuem baixa toxicidade associada, não havendo a necessidade de implantação de medidas mitigadoras para esses elementos.

Dentre os compostos inorgânicos analisados, apenas o nitrogênio amoniacal foi detectado em concentração superior ao valor máximo da Conama nº 357/2005 e da DN COPAM/CERH nº 01/2008. Essa ocorrência foi pontual, restrita ao Ponto 220 no mês de fevereiro/2020, e com valor bem próximo ao limite permitido. No restante das amostragens neste ponto, os resultados para o nitrogênio amoniacal estiveram abaixo do limite de quantificação do laboratório para essa substância, caracterizando, portanto, uma anomalia relacionada à campanha de fevereiro/2020.

As substâncias orgânicas não ultrapassaram os valores de referência em nenhuma campanha. A maioria dos valores de surfactantes e todos os valores de fenóis foram inferiores ao Limite de Quantificação do laboratório para as respectivas substâncias.

O parâmetro biológico *Escherichia coli* apresentou concentração acima das legislações apenas no Ponto 08 em fevereiro/2019 (1.980,00NMP/100mL). No mesmo mês em 2020, o valor obtido foi de 47,30 NMP/100mL e nos outros meses do período avaliado para esse ponto, as concentrações não ultrapassaram 771 NMP/100mL. Portanto, trata-se de uma ocorrência pontual e anômala dessa bactéria.

Com exceção do ferro dissolvido e do manganês, os demais parâmetros que se revelaram em algum momento fora de seus valores orientadores são pontuais e não mostram um caráter progressivo crescente ou de distribuição elevada de forma uniforme, o que indica que as anomalias não podem ser intensivamente ligadas às atividades desenvolvidas pelo empreendimento. Deste modo, recomenda-se a manutenção de um programa de monitoramento periódico dos parâmetros químicos, físicos e biológicos nas águas superficiais em continuidade às operações.

7.1.2 Qualidade das águas subterrâneas

Neste item é feita a atualização da caracterização da qualidade da água subterrâneas no entorno do Alteamento da Barragem de Rejeitos (BR) da Mosaic Fertilizantes. A caracterização está baseada nos resultados das análises de parâmetros físico-químicos e químicos obtidos durante campanhas de monitoramentos realizadas no Complexo de Mineração Tapira – CMT.

As análises físico-químicas permitem a caracterização da água de forma pontual, indicando apenas o seu estado no momento da coleta, não registrando variações passadas. Análises periódicas, contudo, permitem avaliar as alterações provocadas nos cursos d'água ao longo de períodos determinados ou variações cíclicas, sendo capazes de informar sobre características gerais da água.

O monitoramento da qualidade da água subterrânea foi implantando pela Mosaic Fertilizantes no entorno da Barragem de Rejeitos (BR) para controle interno. Foi avaliado um ponto de coleta, Ponto 54, situado na área diretamente afetada (ADA) pelo empreendimento. As coordenadas do ponto amostrado são exibidas no **Quadro 7.9** e a sua localização, na **Figura 7.34**.

Destaca-se que se trata de um poço piezométrico, com profundidade de 36,0 m, construído com a finalidade da realização do monitoramento ambiental da qualidade da água subterrânea, com periodicidade anual.

Quadro 7.9 – Coordenadas do ponto de amostragem de água subterrânea.

Pontos de Monitoramento					
Ponto	Profundidade (m)	Local	Coordenadas UTM (23 K)		Periodicidade
			X	Y	
Ponto 54	36	Piezômetro 1-L-1 – aterro próximo à BR	307.920	7.804.930	Anual

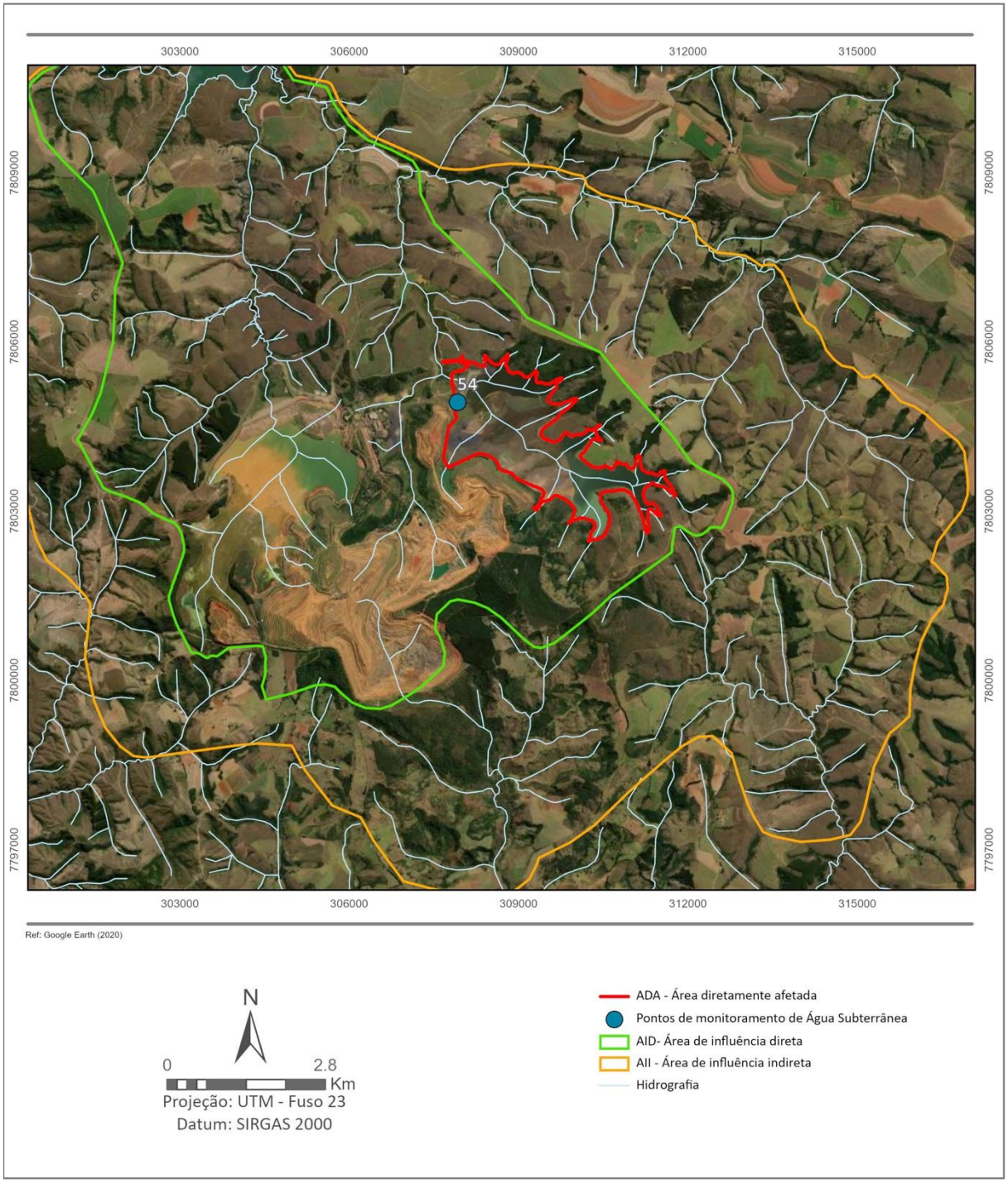


Figura 7.34 – Localização dos pontos de monitoramento de água subterrânea.

A coleta e preservação das amostras foram realizadas pelo laboratório Bioética Ambiental, cujo certificado de acreditação se encontra no **Anexo E**. As análises laboratoriais foram realizadas de acordo com o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* em sua 22ª edição (2012).

A coleta foi feita pelo método de purga baixa vazão, atendendo as especificações da norma ABNT NBR nº 15.847/2010. A baixa vazão consiste em um método de coleta baseado na estabilidade hidráulica da coluna d'água dentro do poço de monitoramento, de modo que

sejam minimizadas perturbações no nível do lençol freático em decorrência da retirada de água ao longo do processo de bombeamento.

A primeira etapa dessa metodologia consiste no posicionamento da bomba no ponto médio da coluna d'água de cada poço, adotando-se uma vazão de bombeamento arbitrária, mas suficientemente baixa para que não cause o rebaixamento expressivo no nível d'água. A estabilidade hidráulica para permitir a coleta das amostras deve atender os seguintes padrões:

- Potencial Hidrogeniônico (pH) oscilando em ± 0,2;
- Temperatura da água oscilando em ± 0,5 °C;
- Oxigênio Dissolvido (OD) oscilando em ± 0,2 mg/L;
- Condutividade elétrica oscilando em ± 5%;
- Potencial de redução (Eh) oscilando em ± 5%.

O monitoramento desses parâmetros físico-químicos foi realizado in situ, com auxílio de sondas multiparâmetros. O **Anexo E** apresenta o certificado de calibração desses equipamentos.

O escopo de parâmetros para investigação foi definido pela Mosaic. O **Quadro 7.10** exibe os parâmetros físico-químicos e químicos (metais e compostos inorgânicos e orgânicos) analisados.

Quadro 7.10 – Parâmetros analisados para água subterrânea.

Grupos	Parâmetros
Físico-Químicos	Alcalinidade, Condutividade elétrica, pH e Temperatura
Metais	Alumínio, Alumínio dissolvido, Bário, Cálcio, Chumbo, Ferro, Magnésio dissolvido, Manganês, Manganês dissolvido, Potássio, Sódio e Zinco
Inorgânicos	Cloreto, Fluoreto, Fósforo Total, Fósforo Dissolvido, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal e Sulfato
Orgânicos	Surfactantes

7.1.2.1 *Padrões Legais*

Para o estado de Minas Gerais, o Conselho Estadual de Política Ambiental e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos definem a norma que estabelece diretrizes para a qualidade das águas subterrâneas:

- Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, que tem anexo I alterado pela DN COPAM nº 166/2011, estabelece os Valores Investigação (VI) para solos e águas subterrâneas, que são concentrações de determinadas substâncias acima das

quais existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.

No âmbito nacional, o Conselho Nacional do Meio Ambiente dispõe das seguintes normas para definir os padrões para a qualidade das águas subterrâneas:

- Resolução Conama nº 396/2008, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

Dessa forma, para as análises de águas foram utilizados como referência os parâmetros estabelecidos pelas legislações nacionais e estaduais, considerando o valor mais restritivo.

7.1.2.2 *Apresentação e discussão dos dados*

Visto que o monitoramento da água subterrânea possui frequência anual, foram utilizados os dados do Ponto 54 referentes às campanhas de 2018, 2019 e 2020 para uma avaliação histórica das concentrações. Os resultados obtidos foram comparados aos padrões legais de qualidade.

Para os parâmetros físico-químicos analisados, não há limites de qualidade estabelecidos pelas normas adotadas. Apesar disso, esses parâmetros são importantes para a estabilização do poço de monitoramento antes da coleta.

Em relação aos parâmetros químicos, alumínio dissolvido, cálcio, fósforo total e dissolvido, magnésio dissolvido, manganês dissolvido, nitrogênio amoniacal, potássio e surfactantes não possuem valores de referência em nenhuma das legislações vigentes.

A alcalinidade e a condutividade elétrica são parâmetros de controle de água subterrânea que podem ser monitorados com o objetivo de se observar algum dado de distribuição anormal.

O **Quadro 7.11** exibe os resultados obtidos para as análises das amostras de águas subterrâneas nas campanhas de coleta de 2018, 2019 e 2020. As **Figuras 7.35** a **7.58**, a seguir, apresentam os gráficos de variação histórica das concentrações, por substância, em comparação com os limites legais de qualidade para as águas subterrâneas.

Os laudos analíticos com os resultados na íntegra são apresentados no **Anexo E**.

Quadro 7.11 – Resultados obtidos nas águas subterrâneas – Ponto 54.

Parâmetros Analisados	Conama 396/2008	COPAM/ CERH 02/2010	Unidade	Água subterrânea		
				Ponto 54		
				2018	2019	2020
Físico-químicos						
Alcalinidade	-	-	mg/L	5,50	6,00	1,00
Condutividade Elétrica	-	-	µS/cm	12,34	60,58	49,75
pH	-	-	-	6,14	6,02	6,71
Temperatura	-	-	°C	23,30	23,10	24,00
Metais						
Alumínio	0,20	3,50	mg/L	<0,05	0,08	<0,05

Parâmetros Analisados	Conama 396/2008	COPAM/ CERH 02/2010	Unidade	Água subterrânea		
				Ponto 54		
				2018	2019	2020
Alumínio dissolvido	-	-	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05
Bário	0,70	0,70	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2
Cálcio	-	-	mg/L	0,79	3,51	2,22
Chumbo	0,01	0,01	mg/L	<0,006	<0,008	**0,067**
Ferro dissolvido	0,30	2,45	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1
Magnésio dissolvido	-	-	mg/L	<0,25	<0,25	0,31
Manganês	0,10	0,40	mg/L	0,05	<0,03	<0,03
Manganês dissolvido	-	-	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03
Potássio	-	-	mg/L	0,61	<0,25	<0,25
Sódio	200,00		mg/L	14,50	3,61	4,08
Zinco	5,00	1,05	mg/L	<0,06	<0,06	<0,06
Inorgânicos						
Cloreto	250,00	-	mg/L	10,91	7,27	5,07
Fluoreto	1,50	-	mg/L	<0,05	0,37	<0,05
Fósforo total	-	-	mg/L	<0,02	0,02	0,47
Fósforo dissolvido	-	-	mg/L	0,25	<0,01	0,01
Nitrato	10,00	10,00	mg/L	2,91	1,00	0,37
Nitrogênio amoniacal	-	-	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2
Sulfato	250,00	-	mg/L	<0,8	2,43	<0,8
Orgânicos						
Surfactantes	-	-	mg/L	<0,03	<0,05	<0,03

Vermelho: Concentração superior aos limites legais

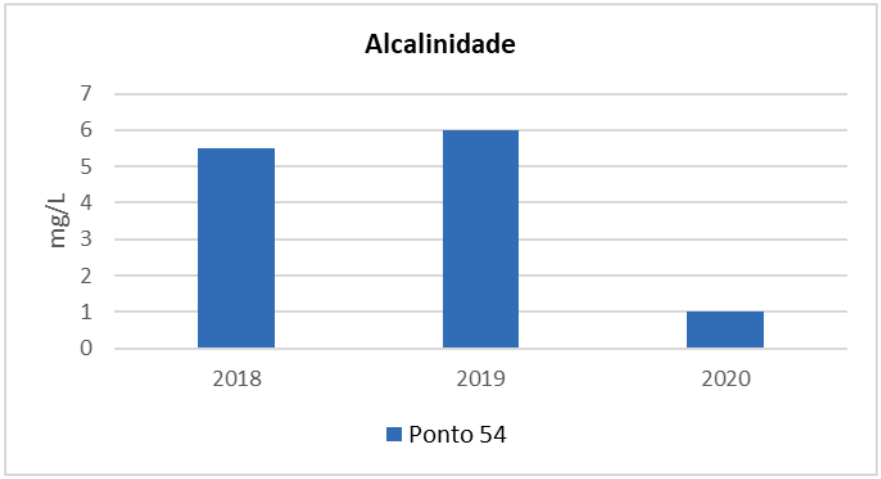


Figura 7.35 – Valores de alcalinidade nas águas subterrâneas.

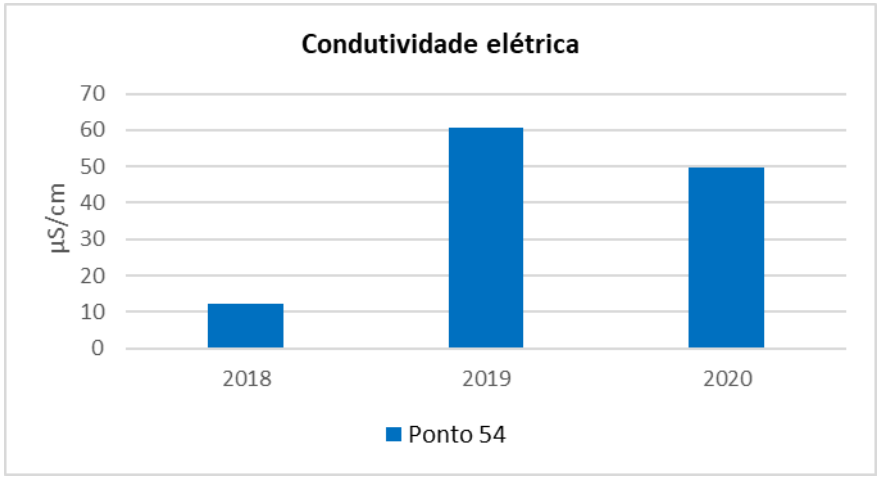


Figura 7.36 – Valores de condutividade elétrica nas águas subterrâneas.

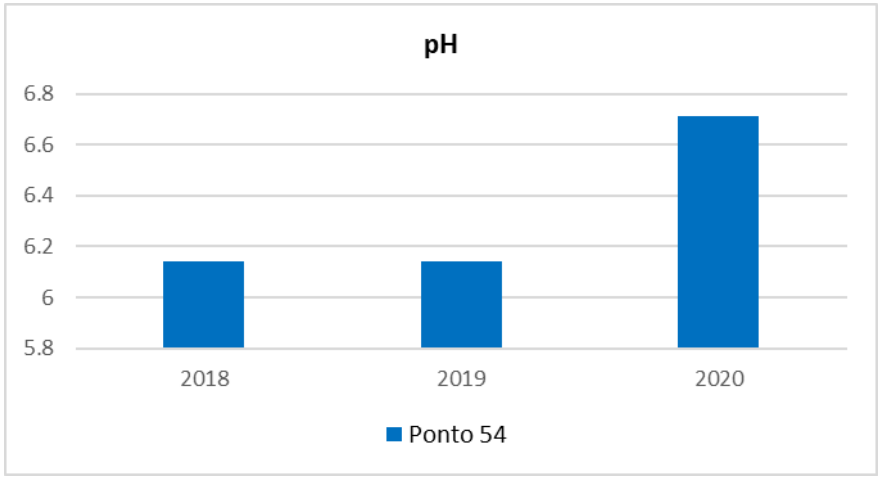


Figura 7.37 – Valores de pH nas águas subterrâneas.

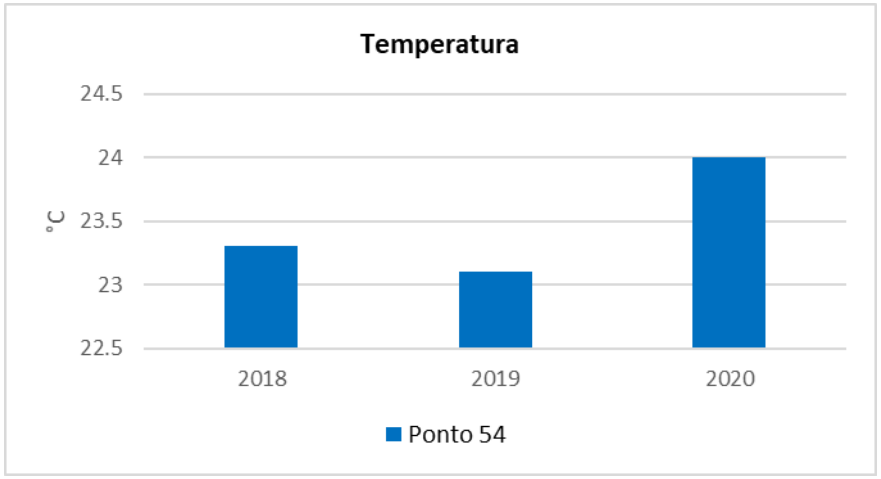


Figura 7.38 – Valores de temperatura nas águas subterrâneas.

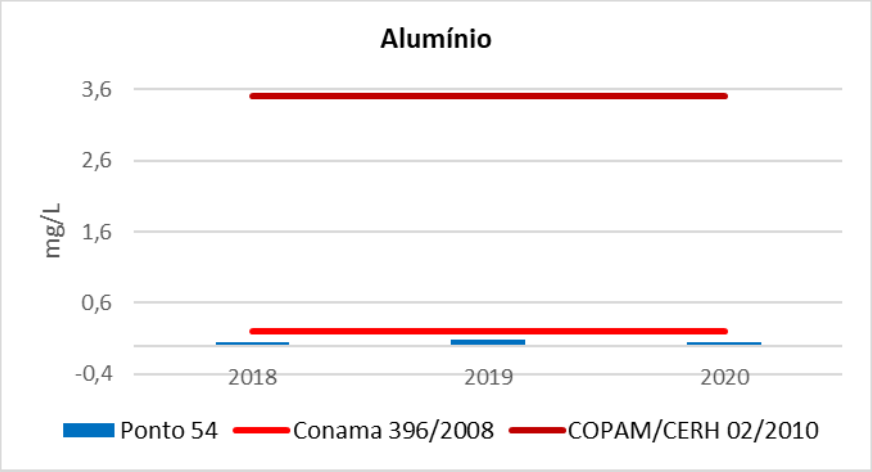


Figura 7.39 – Teores de alumínio nas águas subterrâneas.

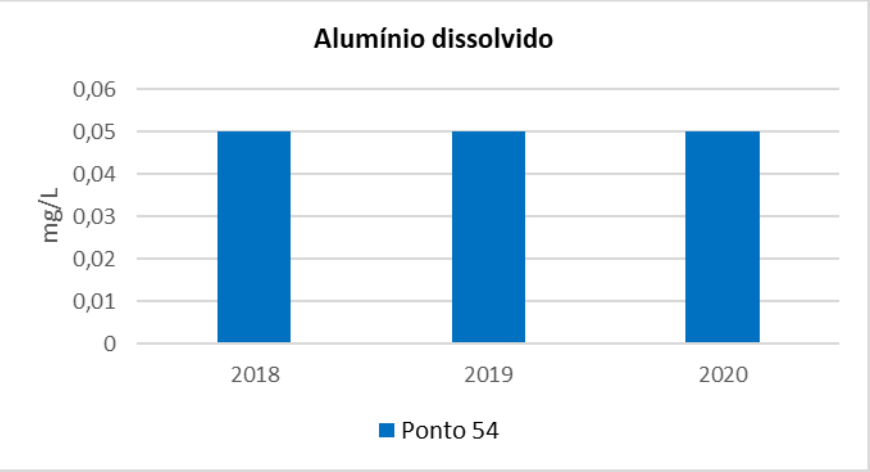


Figura 7.40 – Teores de alumínio dissolvido nas águas subterrâneas.

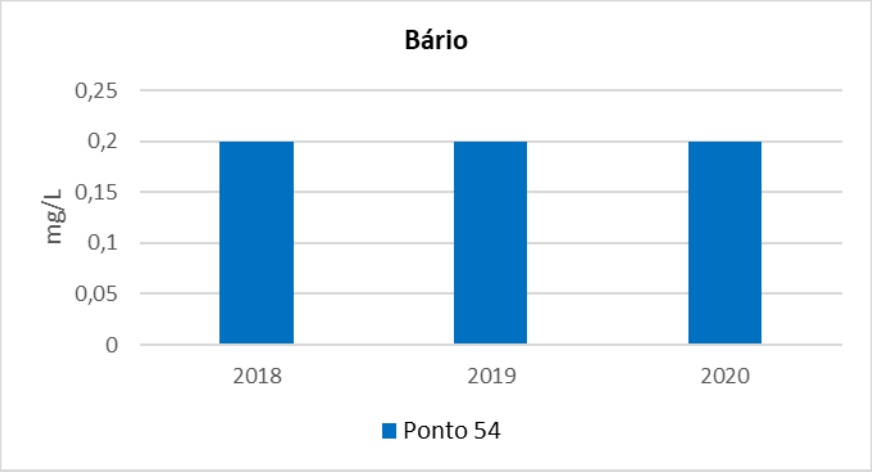


Figura 7.41 – Teores de bário nas águas subterrâneas.

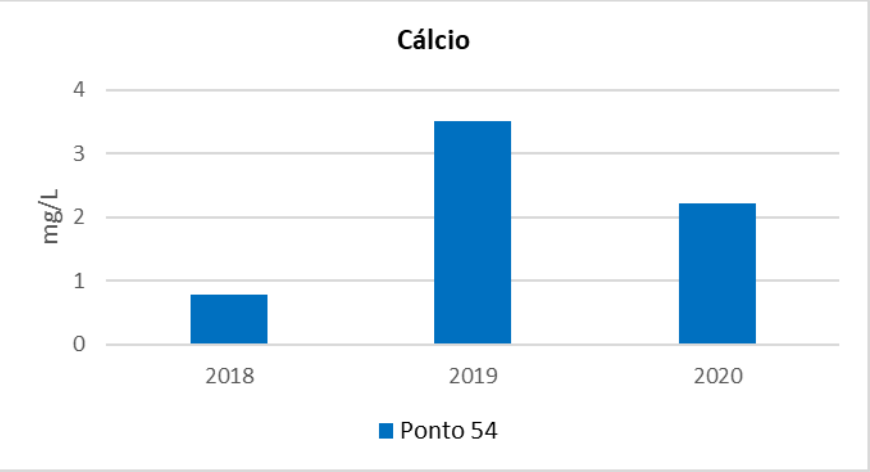


Figura 7.42 – Teores de cálcio nas águas subterrâneas.

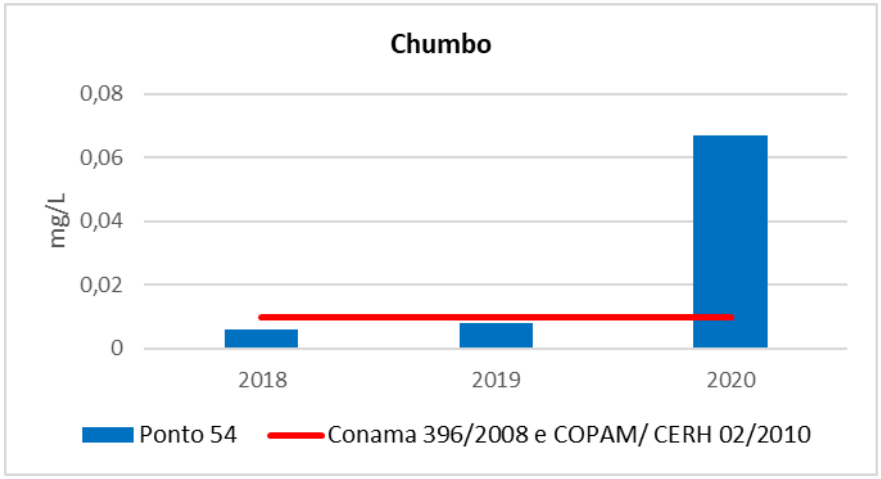


Figura 7.43 – Teores de chumbo nas águas subterrâneas.

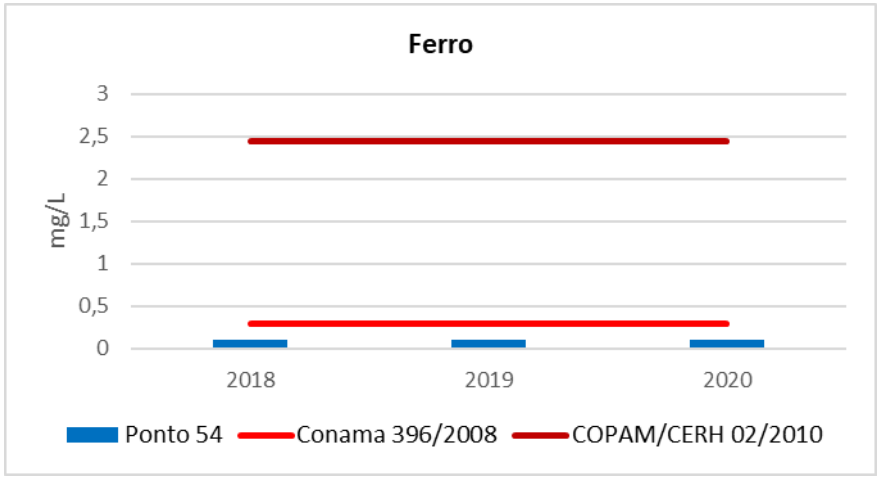


Figura 7.44 – Teores de ferro nas águas subterrâneas.

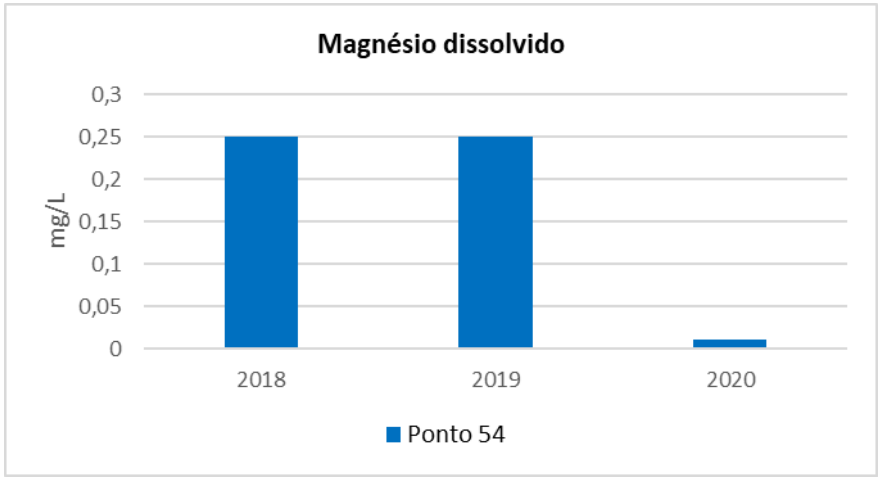


Figura 7.45 – Teores de magnésio dissolvido nas águas subterrâneas.

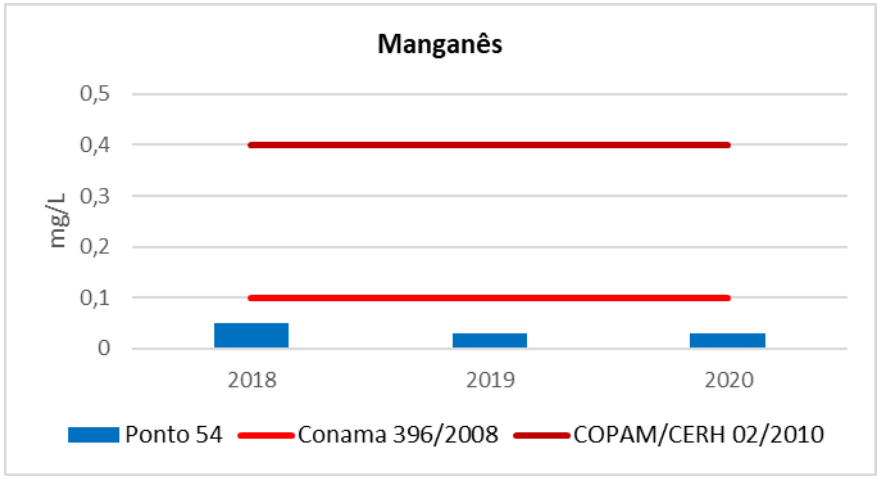


Figura 7.46 – Teores de manganês nas águas subterrâneas.

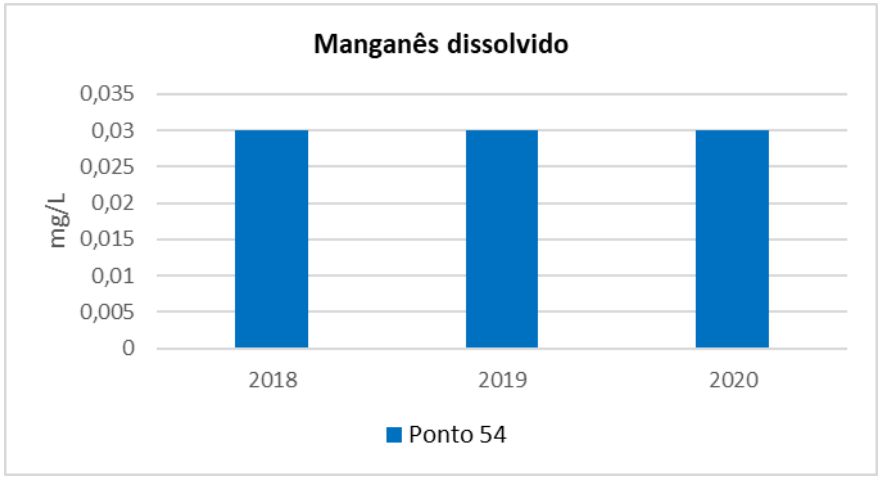


Figura 7.47 – Teores de manganês dissolvido nas águas subterrâneas.

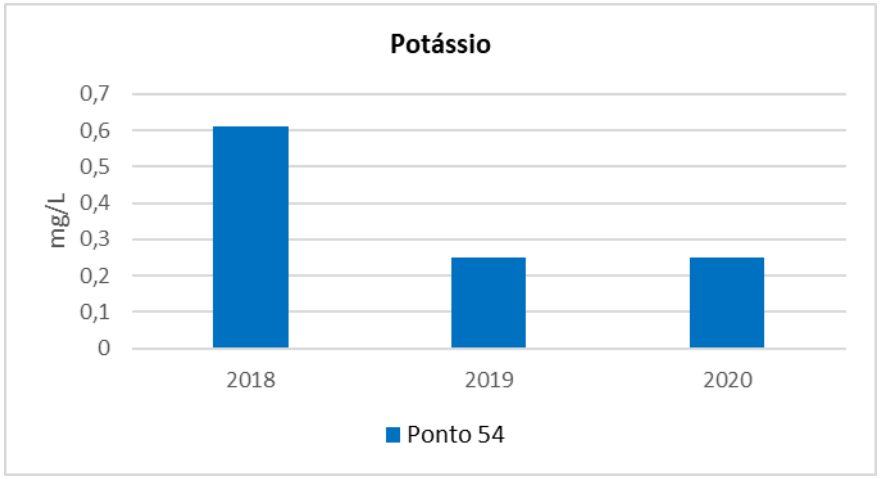


Figura 7.48 – Teores de potássio nas águas subterrâneas.

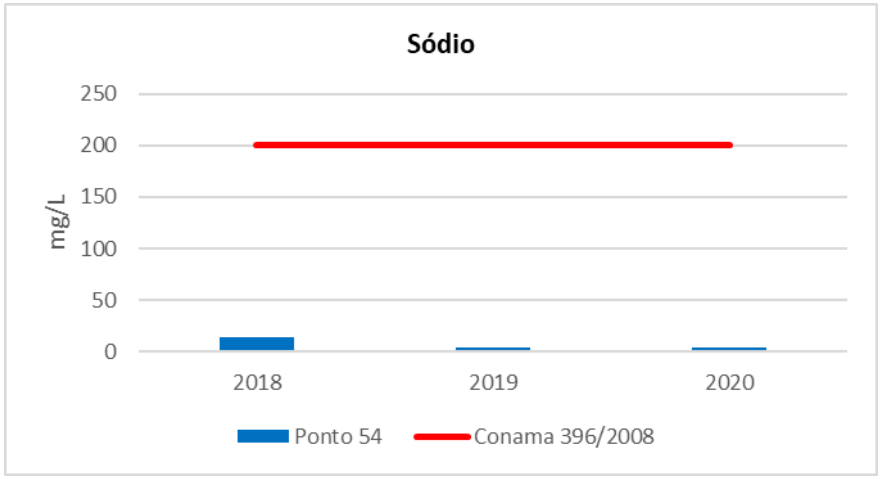


Figura 7.49 – Teores de sódio nas águas subterrâneas.

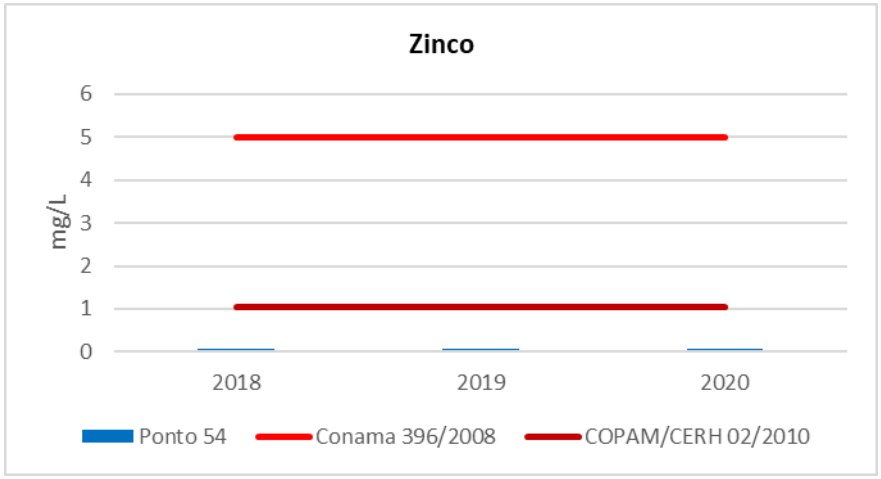


Figura 7.50 – Teores de zinco nas águas subterrâneas.

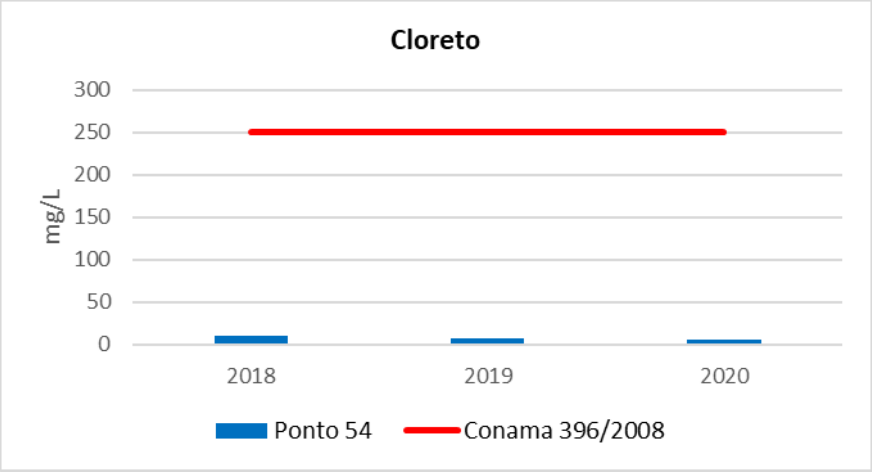


Figura 7.51 – Teores de cloreto nas águas subterrâneas.

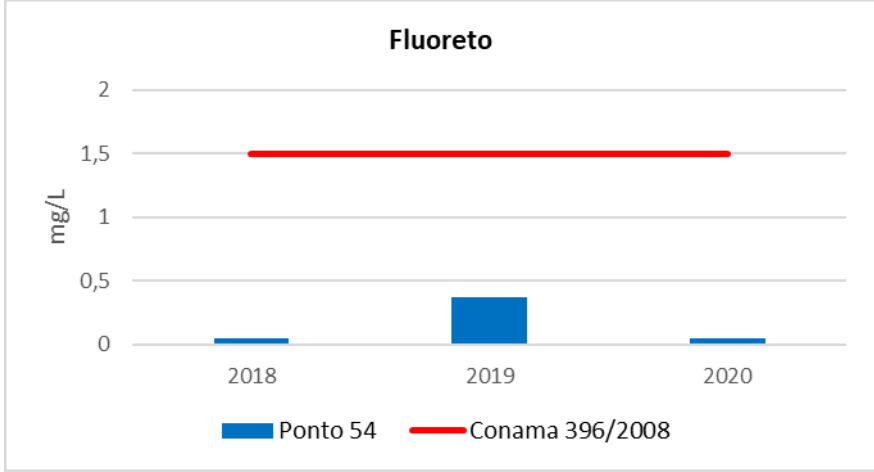


Figura 7.52 – Teores de fluoreto nas águas subterrâneas.

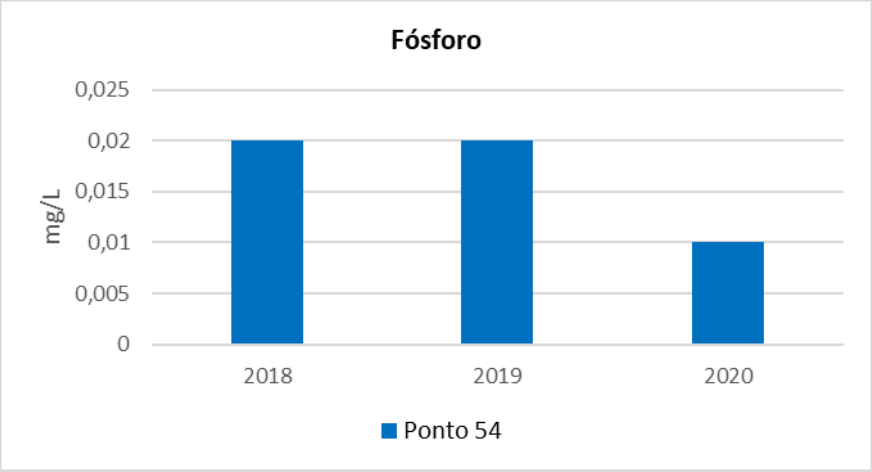


Figura 7.53 – Teores de fósforo nas águas subterrâneas.

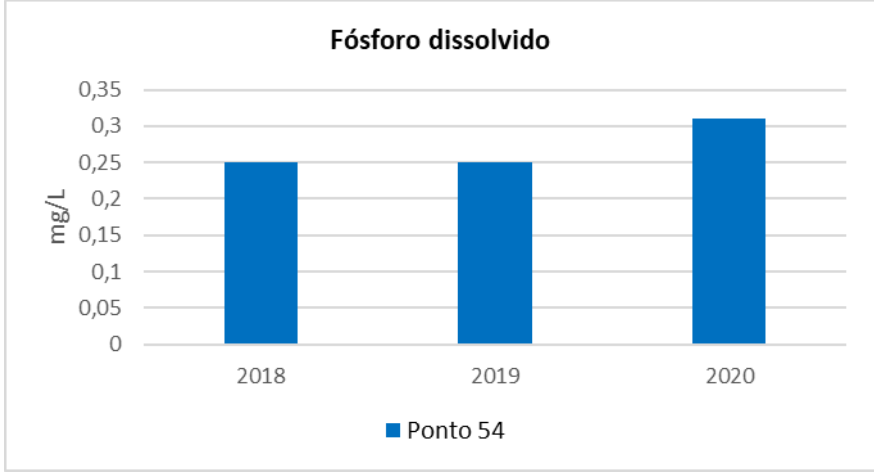


Figura 7.54 – Teores de fósforo dissolvido nas águas subterrâneas.

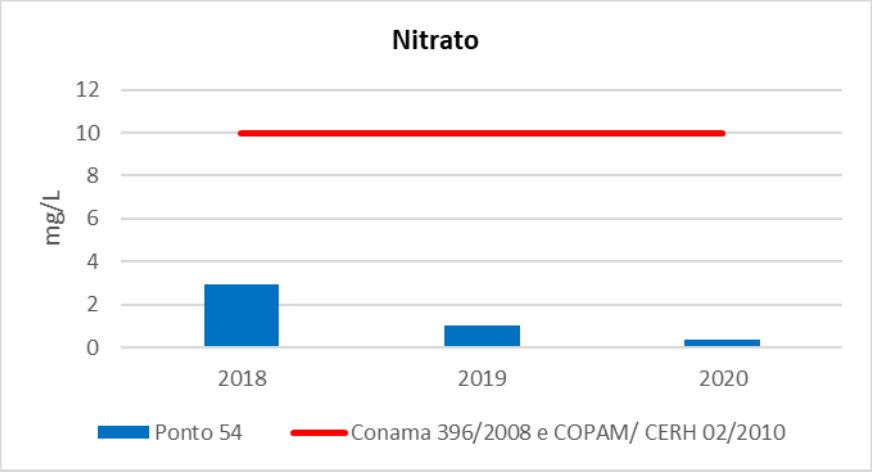


Figura 7.55 – Teores de nitrato nas águas subterrâneas.

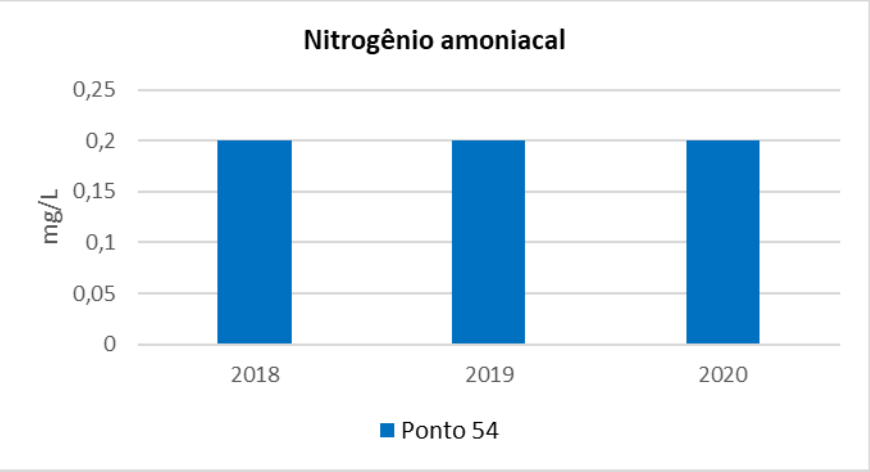


Figura 7.56 – Teores de nitrogênio amoniacal nas águas subterrâneas.

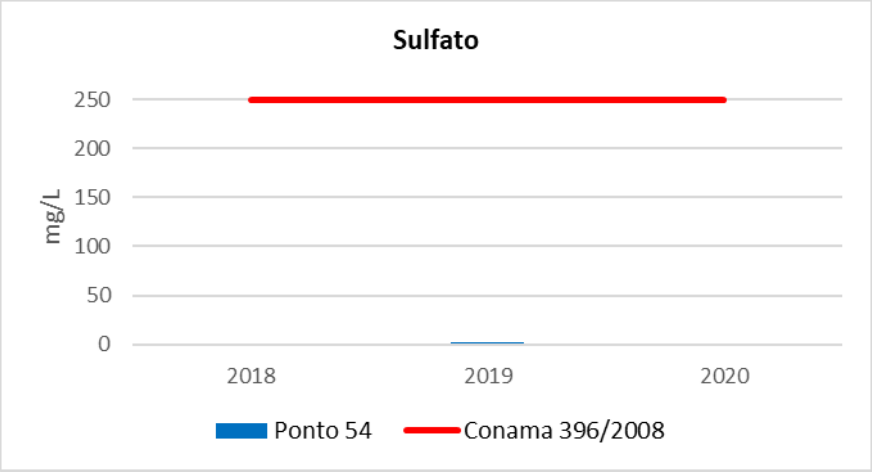


Figura 7.57 – Teores de sulfato nas águas subterrâneas.

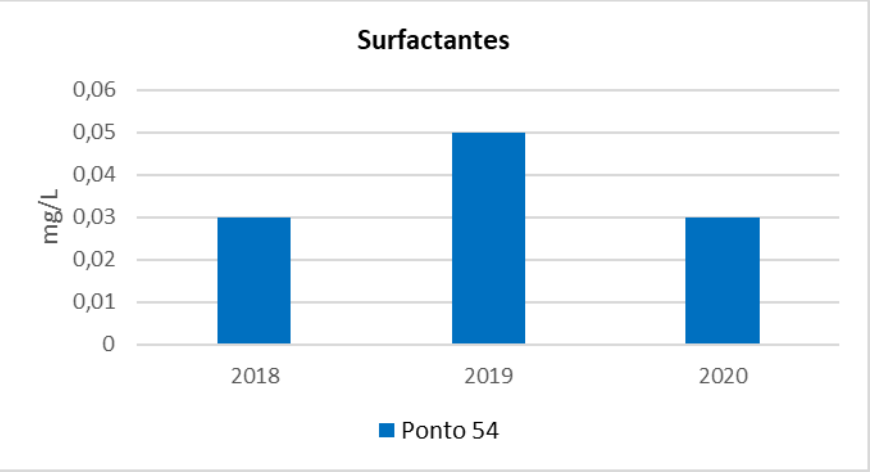


Figura 7.58 – Teores de surfactantes nas águas subterrâneas.

Com base nos padrões estabelecidos pela Resolução Conama nº 396/2008 e pela Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 02/2010, nota-se que apenas o parâmetro chumbo total apresentou valores em desconformidade com as legislações.

Para o chumbo total, apenas na campanha de 2020 o teor (0,067 mg/L) ultrapassou os limites definidos pelas normas (0,010 mg/L). Contudo, nas amostragens de 2018 e 2019, os valores de chumbo ficaram abaixo do padrão estabelecido, sugerindo que a ocorrência de alta concentração foi pontual. Ainda, como a distribuição temporal de concentração é bastante uniforme entre as amostras, sugere-se que seja o teor de fundo natural do aquífero, induzido por sua geologia bastante peculiar.

Todos os demais parâmetros avaliados nos monitoramentos de 2018 a 2020 apresentaram resultados de acordo com os valores máximos ditados pelas legislações vigentes.

É importante considerar que mesmo os parâmetros que não possuem valores de referência, possuem utilização pelo empreendimento e recomenda-se a continuidade do programa de monitoramento das águas como forma de controlar possíveis desvios em suas concentrações na água subterrânea.

Dessa forma, apesar de haver informações de apenas um ponto de monitoramento na área diretamente afetada pela Barragem de Rejeitos (BR), pode-se considerar que não há evidências de que a qualidade das águas subterrâneas esteja comprometida até o momento pelas atividades desenvolvidas pelo empreendimento.

7.1.3 Qualidade do ar

Esse item apresenta a caracterização da qualidade do ar no entorno da futura área de ampliação do Alteamento da Barragem BR, baseado nos dados de monitoramento de partículas totais em suspensão (PTS) expostos no Relatório de Monitoramento de Qualidade do Ar de dezembro de 2019 da empresa Geoavaliar - Análises e Consultorias Ambientais Ltda., apresentado no **Anexo F.**

A exposição dos resultados desta campanha contempla inicialmente a apresentação dos padrões legais vigentes de qualidade do ar; a definição do índice de qualidade do ar (IQA); os procedimentos metodológicos e instrumentos utilizados na amostragem; a localização dos pontos de medição; finalizando com a apresentação dos resultados obtidos e sua interpretação.

7.1.3.1 *Padrões Legais*

No âmbito nacional, a Resolução Conama nº 491/2018 é a legislação que dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Considera-se padrão de qualidade do ar, as concentrações de poluentes atmosféricos que, se ultrapassados, poderão causar poluição ou degradação ambiental. Os poluentes considerados pela norma são: material particulado MP_{10}, material particulado $MP_{2,5}$, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio, fumaça, monóxido de carbono e partículas totais em suspensão (PTS).

A medição de qualidade do ar pode ser efetuada por dois métodos:

a) Concentração média geométrica anual (MGA);
b) Concentração média diária de 24 horas.

Para este trabalho, empregou-se o método da concentração média diária de 24 horas.

7.1.3.2 *Índice de Qualidade do Ar (IQA)*

Para facilitar a interpretação dos resultados obtidos, também foi utilizado o Índice de Qualidade de Ar (IQA) desenvolvido com base no *Pollutant Standards Index* (PSI) da *United States Environmental Protection Agency* (US-EPA).

Este índice é resultante de uma função linear segmentada, na qual os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar. Desta função, que relaciona a concentração do poluente com o valor do índice, é obtido um número adimensional que é associado a uma escala de padrões de qualidade do ar, que vão de qualidade "boa" a "crítica".

O IQA é calculado para cada poluente e a qualidade do ar será classificada a partir do maior índice, ou seja, será determinada pelo poluente que tiver o pior resultado. O IQA é um valor numérico que está compreendido entre 0 e 400. Quanto maior o valor que representa, maior será a poluição atmosférica. A escala de qualificação do IQA para o PTS, poluente objeto desse estudo, é apresentada a seguir no **Quadro 7.12**.
A equação de cálculo do IQA, conforme estabelecida na Resolução Conama 491/2018, é mostrada a seguir:

$$IQA = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fim} - C_{ini}} X\ (C - C_{ini})$$

Onde:

I_{ini}: Valor do índice que corresponde à concentração inicial da faixa;
I_{fim}: Valor do índice que corresponde à concentração final da faixa;
C_{ini}: Concentração inicial da faixa onde se localiza a concentração medida;
C_{fim}: Concentração final da faixa onde se localiza a concentração medida;
C: Concentração medida do poluente.

Como é mostrado no **Quadro 7.12**, os valores que representam IQA abaixo dos 100 ou concentração de PST de 240 µg/m³ (medição em 24h) são classificados com a qualidade do ar como "boa" ou "regular", ambas atendendo os padrões da Resolução Conama nº 491/2018 para comparações com o método da média diária de 24 horas.

Quadro 7.12– Estrutura do Índice da Qualidade do Ar

PTS - MÉDIA 24h (µg/m³)	IQAr	QUALIFICAÇÃO ÍNDICE	COR DE REFERÊNCIA	RESOLUÇÃO CONAMA Nº 491/2018
0 – 80	0 – 50	Boa		Atende ao Padrão
81 – 240	51 – 100	Regular		
241 – 375	101 – 199	Inadequada		Não Atende ao Padrão
376 - 625	200 - 299	Má		
626 - 875	300 - 399	Péssima		
876 - 1000	≥ 400	Crítica		

7.1.3.3 *Instrumentação e Procedimentos*

Para determinar a concentração de material particulado na área de estudo, foram utilizados um Copo Calibrador e um Aparelho HI-VOL PTS (amostradores de grande volume).

O Copo Calibrador utilizado foi fabricado pela Energética Ind. e Com. Ltda., e calibrado pela Ambtech Serviços Especiais Ltda. no dia 20/05/2019.

O Hi-Vol foi fabricado pela Energética Ind. e Com. Ltda. no dia 09/12/2019. Este aparelho é basicamente um sistema que aspira certa quantidade de ar ambiente através de um filtro instalado dentro de uma casinhola de abrigo, durante um período de amostragem de 24 horas, com tolerância de uma hora a mais ou a menos para não invalidar a amostragem. A vazão imprimida pelo aparelho e a geometria da entrada da casinhola favorecem a coleta de partículas na faixa de 25 a 50 µm. Como meio filtrante são utilizados filtros de fibra de vidro (padrão E55) com eficiência mínima de 99% para coleta de partículas totais em suspensão.

O material particulado em suspensão e no ar foi determinado conforme a concentração total pelo Método do Amostrados de Grande Volume, conforme procedimento descrito na norma NBR 9.547/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Para determinação da pressão atmosférica local foi utilizado um barômetro portátil, de propriedade da GEOAVALIAR Análises e Consultorias Ambientais Ltda.

Os certificados de calibração são apresentados no **Anexo F**.

7.1.3.4 *Pontos de Medição*

Foram efetuadas medições da qualidade do ar em três pontos situados na área de influência da futura área do Alteamento da Barragem BR. As amostragens foram realizadas em dias consecutivos, de 9 a 11 de dezembro de 2019, com duração de aproximadamente 24 horas cada.

O **Quadro 7.13**exibe os pontos estabelecidos para a amostragem e suas respectivas coordenadas e a **Figura 7.59** apresenta a localização desses pontos. As **Fotos 7.1** a **7.3** apresentam detalhes dos pontos de monitoramento.

Quadro 7.13– Pontos de monitoramento de qualidade do ar

Ponto de Monitoramento	Localização	Coordenadas UTM (23 K)	
		Longitude (m)	Latitude (m)
QAR - 04	Sítio Ouro Verde	206.461	7.797.259
QAR-05	Fazenda Nova Bom Jardim	305.244	7.799.512
QAR-06	Fazenda Capão Escuro	312.535	7.801.617



Foto 7.1–Sitio Ouro Verde (QAR-04)



Foto 7.2 –Fazenda Nova Bom Jardim (QAR-05)



Foto 7.3– Fazenda Capão Escuro (QAR- 06)

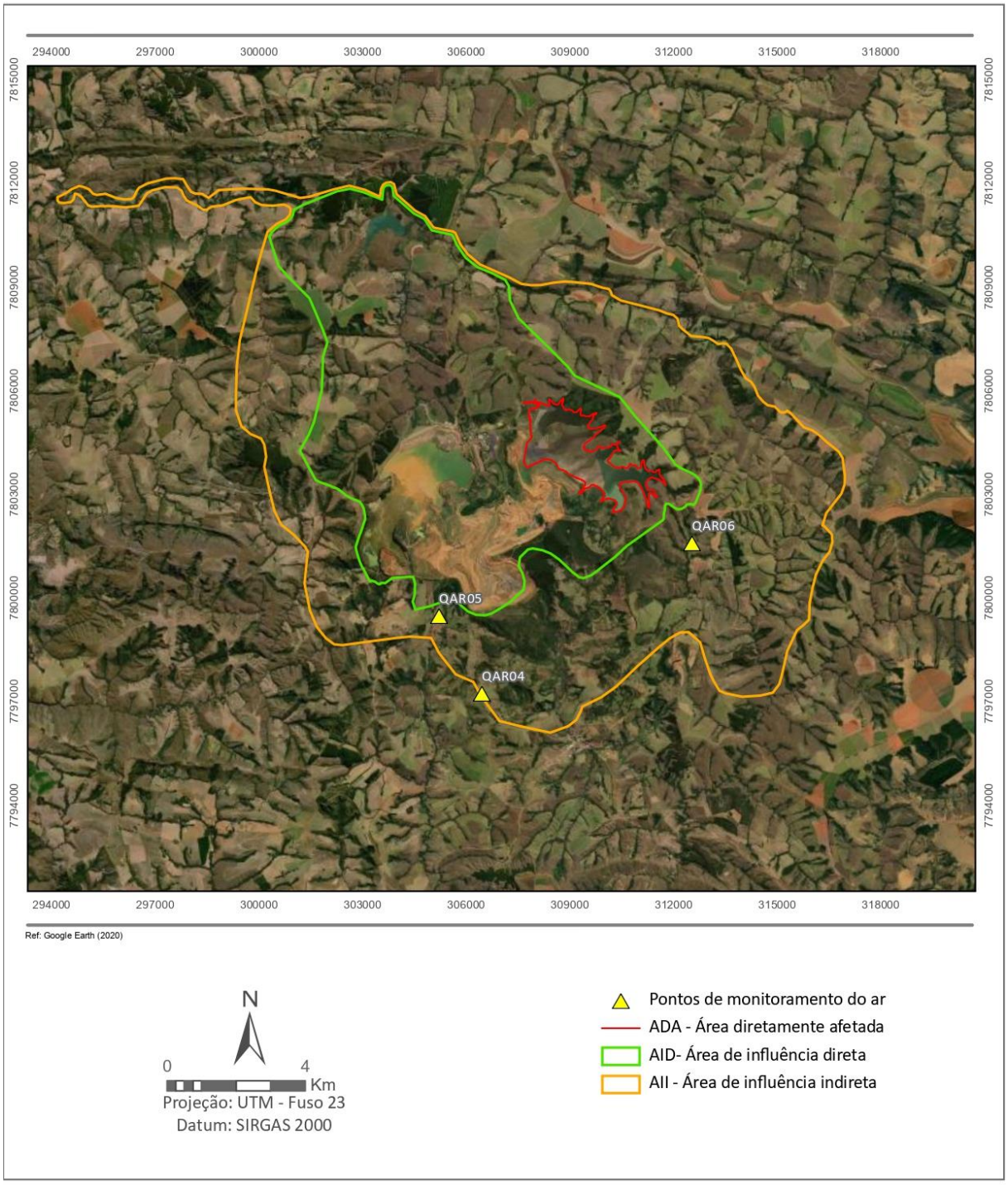


Figura 7.59 – Localização dos Pontos de Amostragem da Qualidade do Ar.

7.1.3.5 *Resultados e Discussões*

O **Quadro 7.14** apresenta os resultados obtidos nas campanhas de amostragem.

Quadro 7.14 - Resultados obtidos nos pontos amostrados.

Ponto de monitoramento	Data	Concentração (µg/m³)	IQA	Classificação
QAR-04 Sítio Ouro Verde	09/12/19	9,68	06	Boa
	10/12/19	17,25	11	Boa
	11/12/19	9,33	06	Boa
QAR-05 Fazenda Nova Bom Jardim	09/12/19	10,33	06	Boa
	10/12/19	9,82	06	Boa
	11/12/19	5,77	04	Boa
QAR-06 Fazenda Capão Escuro	09/12/19	14,45	09	Boa
	10/12/19	8,12	06	Boa
	11/12/19	6,49	04	Boa

A **Figura 7.60** representa graficamente as concentrações de PTS em comparação com o limite diário da Resolução Conama nº 491/2018.

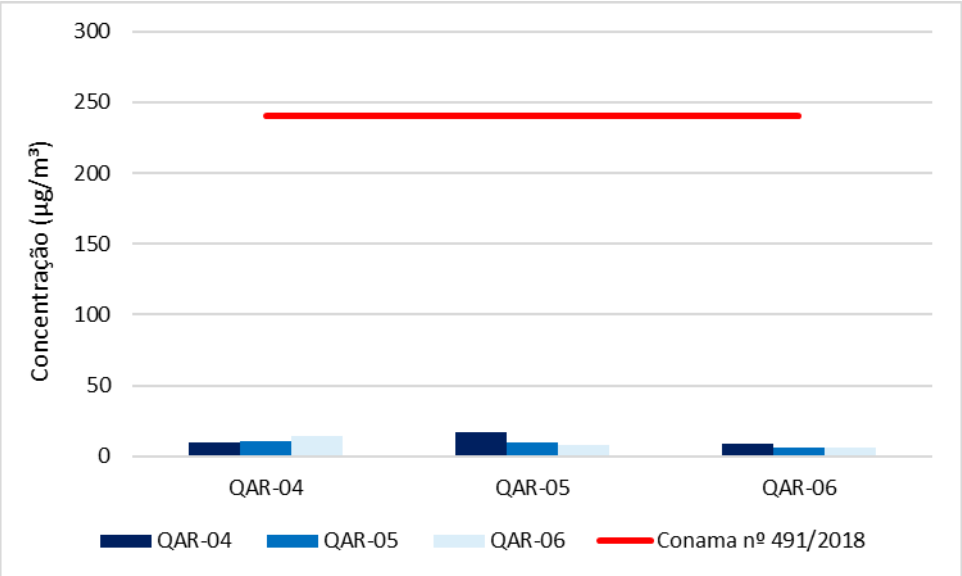


Figura 7.60 - Concentrações de Partículas Totais em Suspensão (PTS).

Considerando o limite estabelecido pela solução Conama nº 491/2018, cuja concentração máxima diária permitida de Partículas Totais em Suspensão (PTS) é de 240 µg/m³, pode-se verificar que os três pontos monitorados apresentam concentrações abaixo do limite

estabelecido. Dessa forma, os pontos monitorados atendem ao padrão e são classificados como pontos de boa qualidade de ar.

7.1.4 Níveis de ruído

O monitoramento de ruído visa o acompanhamento dos níveis de pressão sonora em pontos estratégicos localizados em áreas internas e adjacentes ao empreendimento, de forma a gerar dados para assegurar a adoção e a eficiência dos sistemas de controle ambiental associados e auxiliar na aplicação de medidas preventivas de geração de ruído.

Dessa forma, esse item apresenta o monitoramento de ruído ambiental na área de influência da futura área de Alteamento da Barragem BR, baseado nos dados de levantamento acústico, conforme os Relatórios de Monitoramento de Ruído Ambiental de dezembro de 2019 e de janeiro de 2020 da empresa Geoavaliar – Análises e Consultorias Ambientais Ltda., apresentado no **Anexo G.**

7.1.4.1 *Padrões Legais*

Os padrões legais no que diz respeito à qualidade do nível do ruído são estabelecidos pelos seguintes instrumentos:

- Conama 001/1990 – Dispõe sobre a poluição sonora a nível nacional.
- NBR 10.151 – Acústica: Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade.

No âmbito federal, a legislação aplicável é a Resolução Conama nº 001, de 08/03/90, que estabelece os limites e critérios para emissão de ruídos em decorrência de quaisquer atividades (industriais, comerciais, sociais, recreativas). Segundo esta resolução, os níveis de ruído deverão ser medidos de acordo com a norma ABNT - NBR 10.151/2019 (Avaliação do ruído em áreas habitadas visando ao conforto da comunidade), que fixa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído ambiental.

A norma NBR 10.151/2019, em seu item 9.5.1, determina os limites de níveis de pressão sonora, de acordo com a finalidade de uso e ocupação do solo e o período, os quais estão reproduzidos no **Quadro 7.15**.

Quadro 7.15–Limites de níveis de pressão sonora.

Tipos de área habitadas	Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período Diurno	Período Noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Adicionalmente, a referida Resolução também estabelece que os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma ABNT-NBR 10.151/2019, supramencionada, são considerados prejudiciais à saúde e ao sossego público.

Essa norma especifica o método a ser adotado para medição e avalição dos níveis de ruído e se baseia principalmente na aquisição de dados de Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{Aeq}).

Os limites dos níveis de pressão sonora equivalente (RL_{Aeq}) são apresentados na lei estadual mineira nº 10.100/1990 como os valores de referência aos quais ruídos acima deste limite são considerados prejudiciais à saúde e ao sossego público. O **Quadro 7.16**traz a relação dos RL_{Aeq} de acordo com o período da medição.

Quadro 7.16 – Limites de RL_{Aeq} em função do período.

RLAeq (dB)	
Período diurno	**Período noturno**
70	60

Fonte: Lei Estadual de MG Nº 10.100/1990.

7.1.4.2 *Metodologia*

O Nível de Ruído Ambiente (L_{ra}) é o Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{Aeq}) medido por meio de um sonômetro, instrumento que executa medições da intensidade dos níveis de pressão sonora em diversas bandas de frequência, além de medições correlatas.

Em atendimento à norma NBR nº 10.151 (ABNT, 2020) o Medidor Integrador de Nível Sonoro utilizado nos dois monitoramentos é do modelo Solo e fabricante 01cB, com validade de calibração até 07/2020, certificados de calibração n° 096.347, 096.402 e 096.404, cuja calibração é realizada pela empresa CHROMPACK Instrumentos Científicos Ltda.

O medidor de pressão sonora foi ajustado para as avaliações dos níveis de ruído equivalente (L_{Aeq}) em dB, com circuito de compensação (A) e, com leitura em resposta rápida, a cada cinco segundos, totalizando 120 medidas, durante um período de 10 minutos. Dessa forma, foi realizado uma série de 210 leituras em um período de aproximadamente dez minutos, em dois turnos, para cada ponto, visando atender o estabelecido na NBR 10.151. As medições foram feitas a 1,20 metros do solo e no mínimo a 2 metros de distância das paredes e outras superfícies refletoras. Em cada ponto de medição foram feitas leituras no período diurno (7h às 17h) e noturno (entre às 22h e 7h).

7.1.4.3 *Pontos amostrados*

Foram efetuadas medições dos níveis de ruído ambiente em 6 pontos localizados na área de influência da unidade industrial da Mosaic Fertilizantes no município de Tapira, durante o período de funcionamento do Complexo de Mineração. No monitoramento de dezembro de 2019, no entanto, não foi monitorado o ponto R02.

O **Quadro 7.17** traz a caracterização dos pontos de amostragem.

Quadro 7.17 - Descrição e localização dos pontos de medição de ruído.

Ponto de Monitoramento	Descrição do ponto de monitoramento	Tipo de área habitada	Coordenadas UTM (23 K)	
			Longitude (m)	Latitude (m)
R-01	Assent. Bom Jardim	Área de residências rurais	304.908	7.799.935
R-02	Selmym Leime	Área de residências rurais	303.522	7.807.004
R-03	Mirante Ambiental	Área de residências rurais	309.087	7.806.381
R-04	Sr. Juquinha	Área de residências rurais	312.107	7.802.590
R-05	Geraldo Souza	Área de residências rurais	310.684	7.803.316
R-06	Mineroduto	Área de residências rurais	301.684	7.803.316

As **Fotos 7.4** a **7.9** apresentam a localização de cada ponto, e a **Figura 7.61** indica a disposição dos pontos de medição de ruídos em relação às áreas de influência.



Foto 7.4 – R-01 Assent. Bom Jardim



Foto 7.5 – R-02 Selmym Leime



Foto 7.6 – R-03 Mirante Ambiental

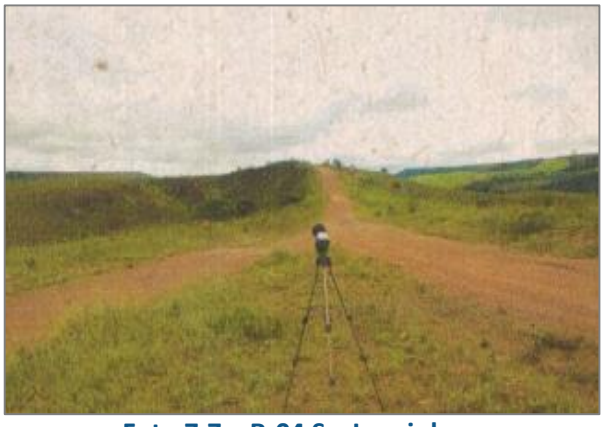


Foto 7.7 – R-04 Sr. Juquinha



Foto 7.8 – R-05 Geraldo Souza



Foto 7.9 – R-06 Mineroduto

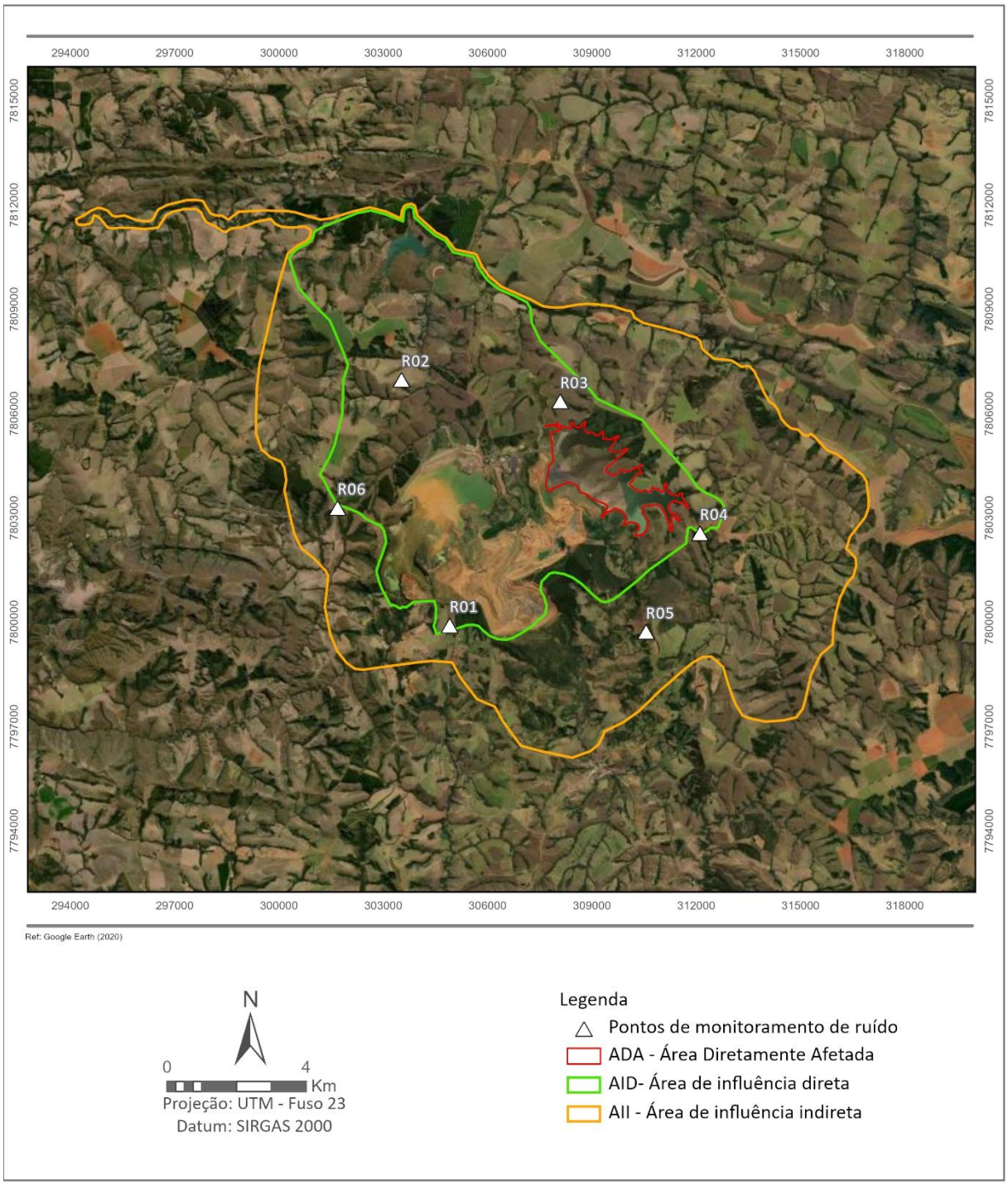


Figura 7.61 - Localização dos Pontos de Medição dos Níveis de Ruído.

7.1.4.4 *Resultados e Discussões*

As primeiras medições foram realizadas no dia 10 de dezembro de 2019 em cinco pontos pré-definidos e nos dias 29 e 30 de janeiro de 2020 em seis pontos, em horários que respeitaram os períodos estipulados para as medições diurnas e noturnas. Com base na classificação do uso do solo proposta pela norma NBR nº 10.151 (ABNT, 2020), todos os pontos amostrados em ambas as campanhas se caracterizam como “Áreas residenciais rurais”.

O método de avaliação adotado para os resultados foi o método simplificado, uma vez que não houve a percepção de sons tonais ou impulsivos durante a execução dos ensaios.

No **Quadro 7.18** e **7.19,** são apresentados os valores medidos dos níveis de ruído equivalente (L_{Aeq}) nos pontos amostrados nas duas campanhas.

Quadro 7.18 – Resultados das medições de ruído de dezembro de 2019.

Identificação do ponto	Data	Horário de início	Período	RLAeq (dB)	LAeq (dB)
R-01	10/12/2019	9:32	Diurno	70	35
	10/12/2019	22:29	Noturno	60	33
R-03	10/12/2019	12:52	Diurno	70	30
	10/12/2019	00:08	Noturno	60	30
R-04	10/12/2019	11:47	Diurno	70	30
	10/12/2019	23:37	Noturno	60	31
R-05	10/12/2019	11:15	Diurno	70	38
	10/12/2019	23:23	Noturno	60	33
R-06	10/12/2019	9:04	Diurno	70	35
	10/12/2019	22:13	Noturno	60	33

Quadro 7.19- Resultados das medições de ruído de janeiro de 2020.

Identificação do ponto	Data	Horário de início	Período	RLAeq (dB)	LAeq (dB)
R-01	29/01/2020	12:17	Diurno	70	38
	30/01/2020	01:35	Noturno	60	33
R-02	29/01/2020	11:33	Diurno	70	30
	30/01/2020	03:16	Noturno	60	31
R-03	29/01/2020	14:14	Diurno	70	31
	30/01/2020	02:40	Noturno	60	32
R-04	29/01/2020	13:44	Diurno	70	31
	30/01/2020	02:17	Noturno	60	32
R-05	29/01/2020	13:21	Diurno	70	40
	30/01/2020	01:59	Noturno	60	34
R-06	29/01/2020	11:59	Diurno	70	29
	30/01/2020	03:40	Noturno	60	32

De acordo com os dados apresentados, as medições de ruídos efetuadas, tanto no período diurno quanto noturno, apontaram que os níveis de $L_{Aeq,}$ estão dentro dos padrões aceitáveis, com base na Lei Estadual 10.100/1990.

O **Quadro 7.20** traz um comparativo histórico dos dados de monitoramento de medição de ruído das campanhas, compilando os dados disponíveis para auxiliar na avaliação da evolução temporal deste parâmetro, e comparando-os com os padrões estabelecidos pela norma NBR 10.151/2019.

Quadro 7.20 – Histórico das medições de ruído.

Identificação do ponto	Período	NBR 10.151/2019	LAeq (dB)		Variação Percentual Comparativa
			Dez-19	Jan-20	
R-01	Diurno	40	35	38	8,57%
	Noturno	35	33	33	0
R-02	Diurno	40	-	30	-
	Noturno	35	-	31	-
R-03	Diurno	40	30	31	3,33%
	Noturno	35	30	32	6,67%
R-04	Diurno	40	30	31	3,33%
	Noturno	35	31	32	3,23%
R-05	Diurno	40	38	40	5,26%
	Noturno	35	33	34	3,03%
R-06	Diurno	40	35	29	-17,14%
	Noturno	35	33	32	-3,03%

Os dados históricos apontam que houve um aumento no LAeq nos pontos R-01 (este com exceção no período diurno), R03, R-04 e R-05, porém sempre abaixo de 10%. O ponto R-06 foi o único que apresentou queda nos valores, tanto no período diurno quanto noturno.

Mesmo assim, todos os valores obtidos estão dentro do padrão estabelecido tanto pela norma NBR 10.151/2019 quanto pela Conama 001/1990.

7.2 ATUALIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

A hidrogeologia é o ramo das ciências hídricas que se dedica ao estudo das águas subterrâneas. A água subterrânea é ocorrência de água abaixo da superfície, preenchendo a porosidade (primária ou secundária) e fraturas em rochas, submetida à infiltração e migração lateral, por ação de forças gravitacionais.

As águas subterrâneas possuem importante papel na recarga da umidade no solo e corpos d'água, como rios e lagos, e estão condicionadas à porosidade do subsolo, cobertura vegetal e à declividade do substrato.

Barramentos geram modificações topográficas locais e que podem implicar em mudanças de regime regionais de cargas hidráulicas. O potencial hidráulico é resultado da interação da topografia com o nível d'água subterrânea. Além disso, quando há modificação na vazão natural de rios e córregos e/ou alterações topográficas induzidas antropicamente, pode haver transformação no regime de direção e fluxo da água subterrânea.

Este item visa atualizar o modelo hidrogeológico da unidade do CMT visto que o monitoramento das cotas das lâminas d'água, ilhas de assoreamento, pilhas de rejeitos e resíduos, pontos de surgência de água no interior da cava, além do controle e variação na vazão nos vertedouros caracteriza a intensidade da antropização no regime hidrogeológico regional.

7.2.1 Unidades hidrogeológicas

A classificação das unidades hidrogeológicas se dá de acordo com as características hidrodinâmicas apresentadas por cada rocha. Elas podem ser classificadas como Aquíferos, Aquitardos, Aquicludes ou Aquifugos, em função de sua porosidade e permeabilidade, ou seja, da capacidade de armazenar e transmitir a água subterrânea.

O aquífero é a formação geológica que contém água em seus poros ou fraturas e é capaz de transmiti-la em quantidades economicamente viáveis para suprir as necessidades humanas. Os aquíferos podem ser classificados conforme o tipo de porosidade apresentada, sendo:

- **Aquífero granular (ou poroso):** provido da chamada porosidade primária (ou intragranular), em que a água subterrânea está associada aos poros existentes entre os grãos constituintes da rocha;
- **Aquífero fissural (ou fraturado):** provido de porosidade secundária, em que a água subterrânea está associada às descontinuidades existentes na rocha (falhas, fraturas, estruturas de dissolução).

No CMT, o aquífero granular está associado ao manto de alteração das rochas, sobretudo no horizonte isalterita, enquanto as zonas aquíferas fissurais ocorrem no CMT apenas em situações em que a rocha fresca ou alterada possua tais descontinuidades preenchidas por água e interconectadas entre si. Portanto, a ocorrência de água subterrânea nos domínios do CMT está associada principalmente ao manto de alteração do interior do domo (minério - isalterita) que se comporta como meio poroso, enquanto na rocha fresca, sua ocorrência está vinculada à presença de descontinuidades, seja na rocha fonte da mineralização, seja nas encaixantes do Grupo Canastra.

As rochas encaixantes do complexo mineral (predominantemente sericita-xistos do grupo Canastra) não configuram um aquífero propriamente dito, em função da baixa permeabilidade dessas rochas, o que dificulta a circulação de água subterrânea em seus poros. Entretanto, devido à ação intempérica, a porção superficial deste domínio se comporta como um meio poroso, com certa porosidade, mas ainda com baixa permeabilidade.

Dessa forma, o modelo hidrogeológico da chaminé alcalina do CMT foi construído com base nesta classificação intempérica, cujo perfil esquemático é apresentado na **Figura 7.62**.

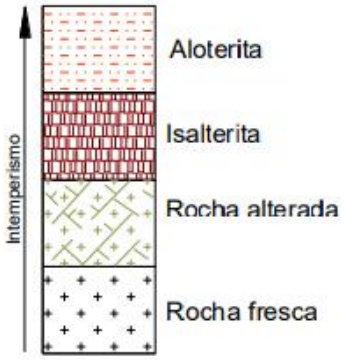


Figura 7.62 - Perfil esquemático da classificação intempérica dos litotipos do CMT

O horizonte aloterita comumente encontra-se seco na região da cava e pode ser classificado com um aquiclude, com fraca "vocação hidrogeológica". Nos furos de sondagem representativos avaliados em 2012 este horizonte se apresenta poroso, friável a muito friável e predominantemente argiloso.

O horizonte isalterita é o principal produtor de água no contexto hidrogeológico do CMT e comporta-se predominantemente como aquífero poroso, podendo também ser classificado como aquitardo, dependendo da porosidade e permeabilidade apresentada, que por sua vez, estão relacionadas às características litológicas da rocha fonte e ao seu grau de evolução intempérica. Geralmente as surgências de água subterrânea no interior da cava (e do complexo em geral) estão associadas a esse horizonte, sobretudo no contato de níveis mais porosos com níveis mais argilosos e em locais onde o aquífero é exposto pela lavra.

A rocha alterada compreende a transição entre o aquífero granular isalterítico e o “aquífero” fissural Rocha Fresca, possuindo um razoável potencial hidrogeológico. Já em relação as suas características hidrodinâmicas, é possível correlacionar este horizonte aos xistos sericíticos do domínio das rochas encaixantes (vide adiante), situados em porções mais superficiais.

A rocha fresca é formada por rochas maciças desprovidas de porosidade primária, com condições de circulação de água subterrânea condicionadas a descontinuidades abertas geradas por falhamento/fraturamento e, eventualmente, dissolução de rochas carbonatadas.

Além desses horizontes, há as rochas encaixantes, domínio formado predominantemente por sericita-xistos do Grupo Canastra, com baixo potencial de circulação de água subterrânea externa à chaminé alcalina. As nascentes e pontos de controle inventariados no entorno das barragens BL-01 e BR (área externa à chaminé alcalina) estão todas associadas a este domínio.

7.2.2 Atualização do modelo hidrogeológico

O CMT possui diversos estudos hidrogeológicos realizados entre 2001 e 2018. Através destes foram obtidos os parâmetros hidráulicos dos aquíferos existentes na área, os quais foram calibrados nos modelos anteriores desenvolvidos pela MDGEO (2008, 2012, 2014, 2016 e 2018), de modo a servir como base para os atuais modelos conceitual e numérico. A atualização do modelo foi realizada pelo software *Visual MODFLOW* na versão 2011, que roda o algoritmo *MODFLOW.*

Em função dos vastos dados de monitoramento existentes e para uma calibração mais precisa do modelo hidrogeológico, foi realizada uma calibração em duas etapas:

- Atualização e Calibração do modelo em regime de escoamento permanente, com as condições de contorno originais da área, ou seja, anterior ao início do processo de rebaixamento do nível d'água. Data base: maio de 2007;
- Atualização e calibração do modelo em regime de escoamento transiente. Período: junho de 2007 a julho de 2020.

O objetivo deste item é apresentar o diagnóstico atual da hidrogeologia da área, através do modelo hidrogeológico numérico para a data base de julho de 2020.

7.2.2.1 *Calibração em regime permanente*

A calibração em regime permanente consiste em uma comparação entre os dados observados em campo (*Input*) e calculados pelo modelo (*Output*), através de retroanálises sucessivas, a fim de atingir a melhor aproximação possível entre modelo e realidade. Desta forma, realizam-se diversas alterações nos percentuais de recarga, nos valores de condutividade hidráulica dos litotipos e de condutância dos drenos.

Na calibração desde regime, a variável tempo não é considerada. Ela reflete uma condição estática de equilíbrio do aquífero, sem levar em conta instrumentos de rebaixamento do nível d'água. O objetivo desta calibração é gerar uma condição inicial da superfície do nível d'água (*initial head*) para as próximas etapas, além de obter os primeiros ajustes nos dados de parâmetros hidrodinâmicos dos aqüíferos. Assim é possível seguir para uma calibração do modelo nas condições atuais (regime transiente ou temporal).

Durante a calibração do modelo em regime de escoamento permanente, levou-se em consideração os seguintes fatores: recarga, condutividade hidráulica, nível d'água nos instrumentos de monitoramento e nascentes inventariadas, e vazão nos cursos d'água.

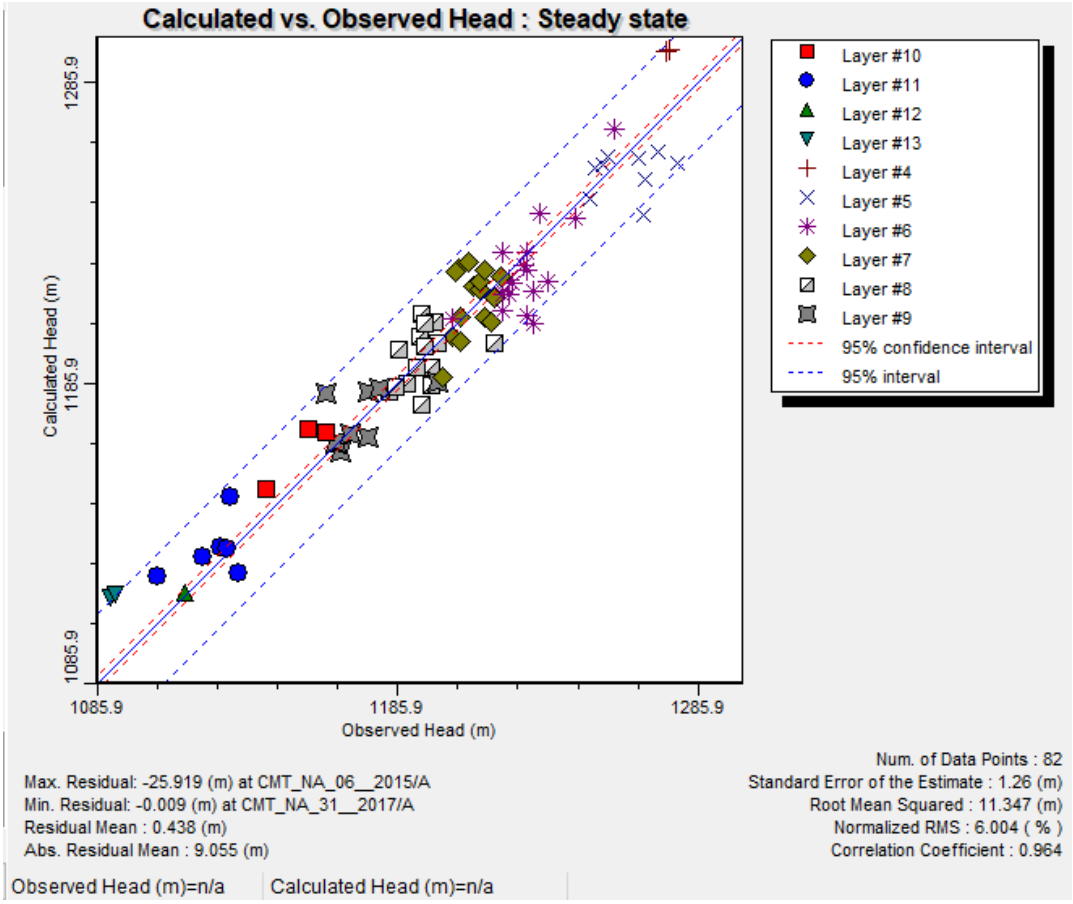
No **Quadro 7.21** são apresentados os valores de recarga aplicados a cada zona.

Quadro 7.21 – Valores de recarga obtidos na etapa de calibração em permanente do modelo.

Recarga Calibração - Permanente			
Zona	**Área representada**	**Porcentagem**	**Recarga (mm/ano)**
A	Terreno Natural - Recarga geral	25%	407
B	Cava da mina	37%	602
C	Recarga Área externa	13%	212

Fonte: MDGeo, 2021.

Em relação ao nível d'água, a reta de calibração com a melhor aproximação entre valores observados e valores calculados em cada instrumento é apresentada na **Figura 7.63**.

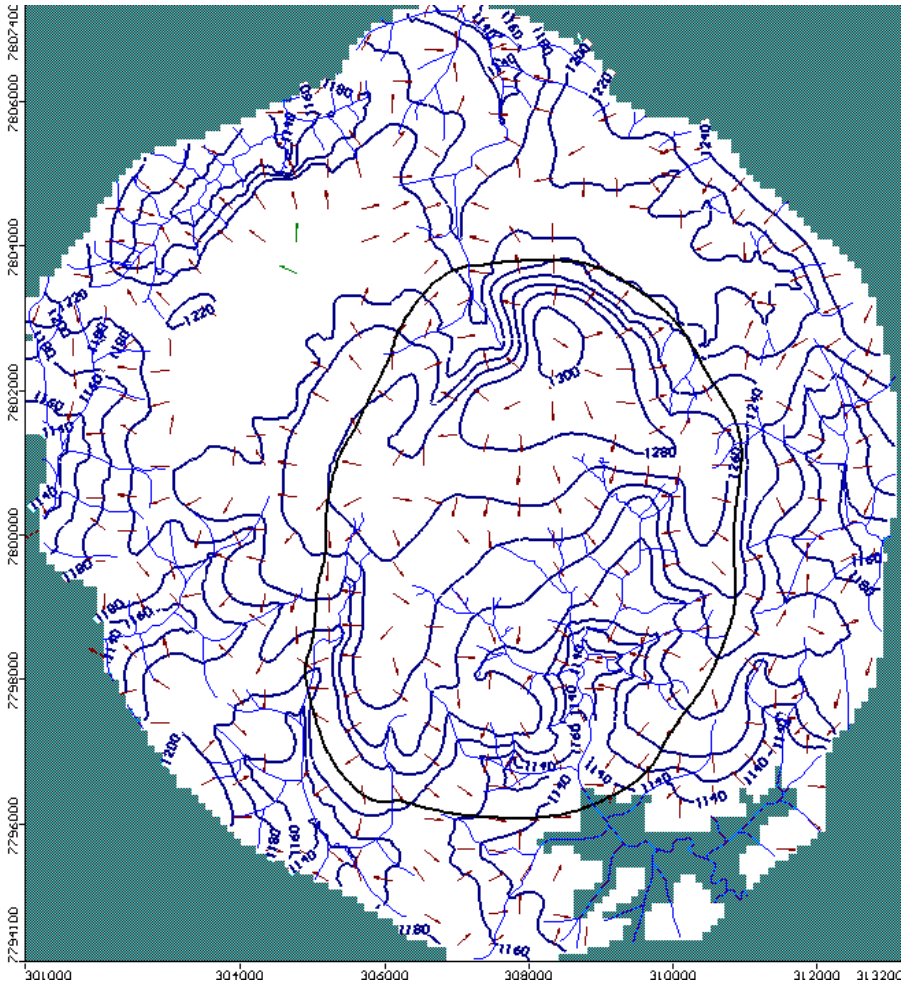


Fonte: MDGeo, 2021.

Figura 7.63 - Reta de calibração dos níveis d'água em regime permanente com os valores observados (eixo x) e calculados (eixo y) em cada instrumento.

Analisando de maneira global os instrumentos de monitoramento em questão, é possível concluir que os níveis d'água calculados pelo modelo mostram uma boa aproximação com os níveis d'água monitorados nos instrumentos, com erro médio normalizado ("RMS") de 6%, dentro do padrão aceitável, visto que o limite satisfatório para o erro médio normalizado (RMS) é de 10%, sendo este valor estabelecido pela EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos).

As isolinhas equipotenciais do nível d'água subterrâneo são outro resultado importante da calibração do regime permanente, além do sentido do fluxo da água subterrânea, calculados pelo modelo. A **Figura 7.64** mostra esse resultado apresentando curvas equipotenciais com intervalos de 20 m, referente à décima camada do modelo (cotas topográficas entre 1130 e 1150). Observa-se um padrão regional do fluxo de água subterrânea com sentido principal para o sul.



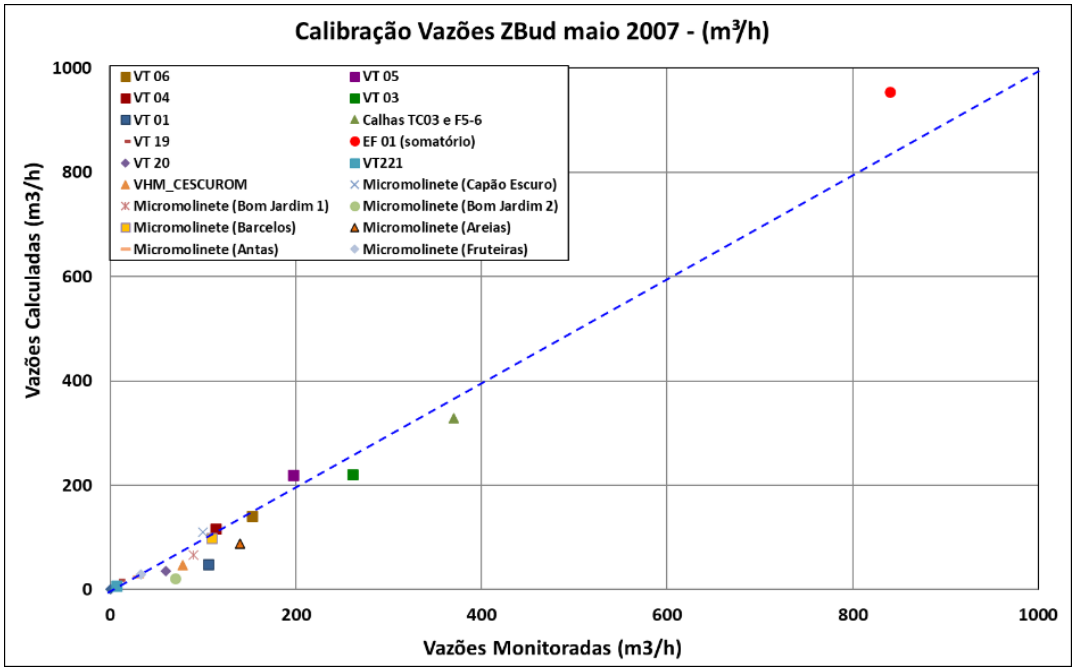
Fonte: MDGeo, 2021.

Figura 7.64 - Isolinhas equipotenciais e sentido do fluxo de d'água subterrâneo – resultado da calibração em regime permanente.

Por fim, para análise das vazões nos cursos d'água comparam-se os dados calculados de cada zona de balanço com os dados reais monitorados em campo.

A quantidade de água que escoa pela face de cada célula do dreno é determinada pela condutância, expressa em m^2/h. Também foram calibradas as condutâncias dos drenos, visando alcançar a melhor aproximação entre as vazões produzidas pelos mesmos (quantificadas nas zonas de balanço) e as vazões monitoradas nos respectivos instrumentos (vertedouros, calhas, estação fluviométrica e pontos de medição via equipamento de micromolinete).

A **Figura 7.65** a seguir apresenta os valores comparativos entre as vazões calculadas na calibração em regime permanente e as vazões observadas (monitoradas) em maio de 2007.



Fonte: MDGeo, 2021.

Figura 7.65 - Comparação entre as vazões monitoradas em maio de 2007 e calculadas nas zonas de balanço - calibração em regime permanente.

De acordo com a análise desses dados, pode-se então dizer que, de forma geral, as vazões calculadas nas zonas de balanço do modelo apresentam valores muito próximos aos monitorados em cada instrumento no mês de maio de 2007, com as diferenças dentro de uma faixa de variação aceitável.

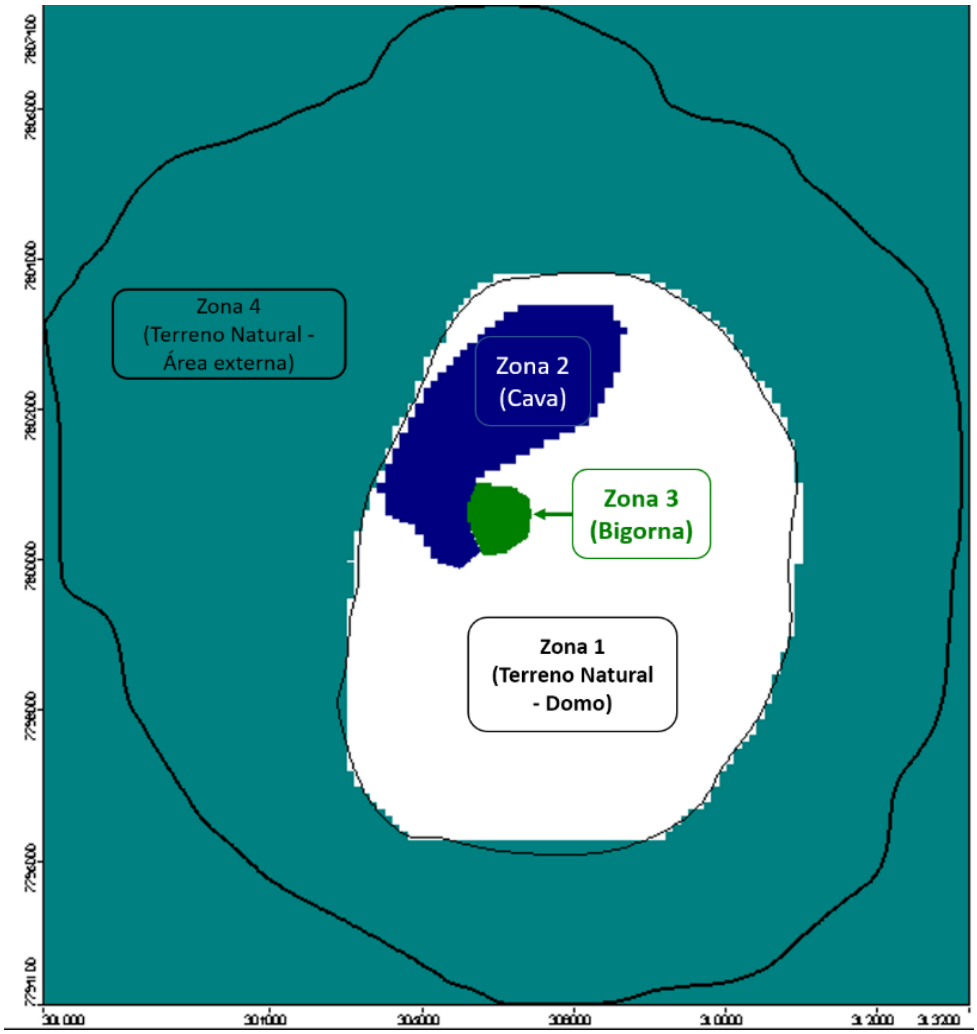
7.2.2.2 *Calibração em regime de escoamento transiente*

Esta é uma calibração mais refinada, onde a variável tempo é considerada, realizada geralmente após o início do processo de rebaixamento do nível d'água de uma mina.

Neste caso, a calibração em transiente (ou transitório) correspondeu a um período de 13 anos, estendendo-se do dia 01 de junho de 2007 ao dia 31 de julho de 2020, totalizando 4.810 dias, divididos em 53 períodos de tempo.

Analisaram-se todos os dados do monitoramento hidrogeológico nesse período (pluviometria, nível d'água nos instrumentos de monitoramento e nos poços, dados operacionais dos poços, vazão nos vertedouros, pontos de monitoramento por micromolinete, calhas e estação fluviométrica), com a entrada de dados seguindo uma periodicidade trimestral.

A **Figura 7.66** ilustra a distribuição das zonas de recarga aplicadas ao modelo numérico.

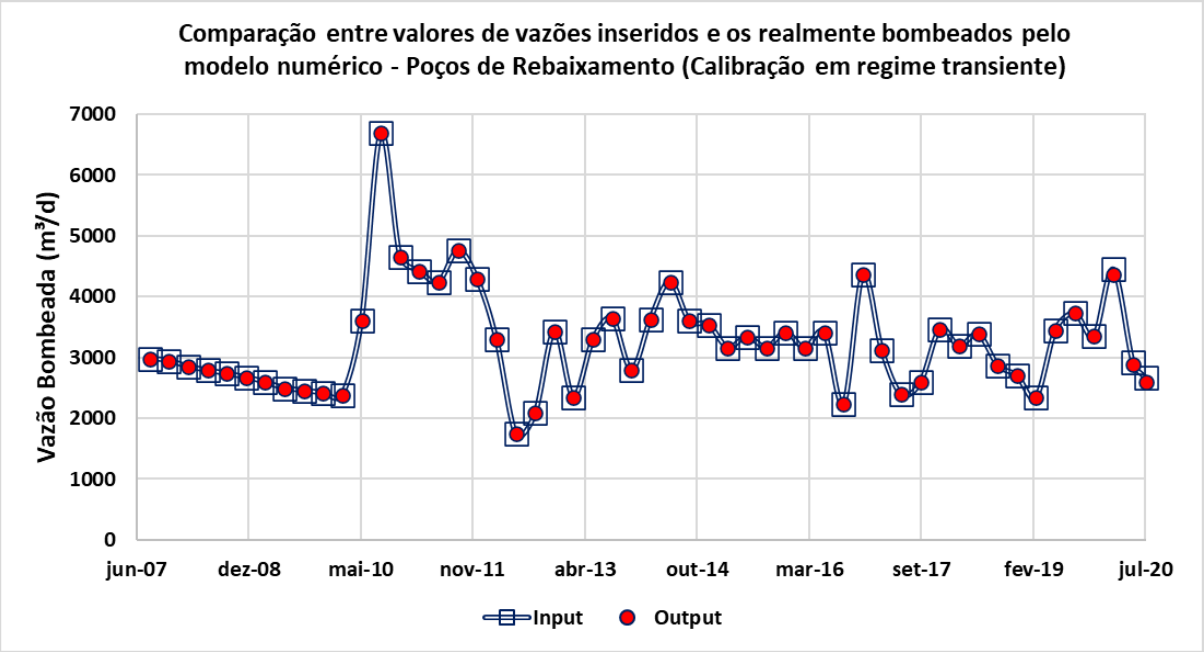


Fonte: MDGeo, 2021.

Figura 7.66 - Zonas de recarga aplicadas ao modelo.

Foram atualizados os dados de monitoramento de vazão dos 15 poços tubulares de rebaixamento do nível d'água em operação na região da Bigorna para fins de calibração em regime transiente. Os valores de vazão atribuídos a cada poço correspondem às vazões médias bombeadas trimestralmente por cada instrumento.

A **Figura 7.67** apresenta os valores de vazões mensais. Nota-se que as vazões de saída dos poços calculadas ao final da calibração nas zonas de balanço (*output*), estão de acordo com os valores observados (*input*), mostrando uma boa calibração dessas vazões.



Fonte: MDGeo, 2021.

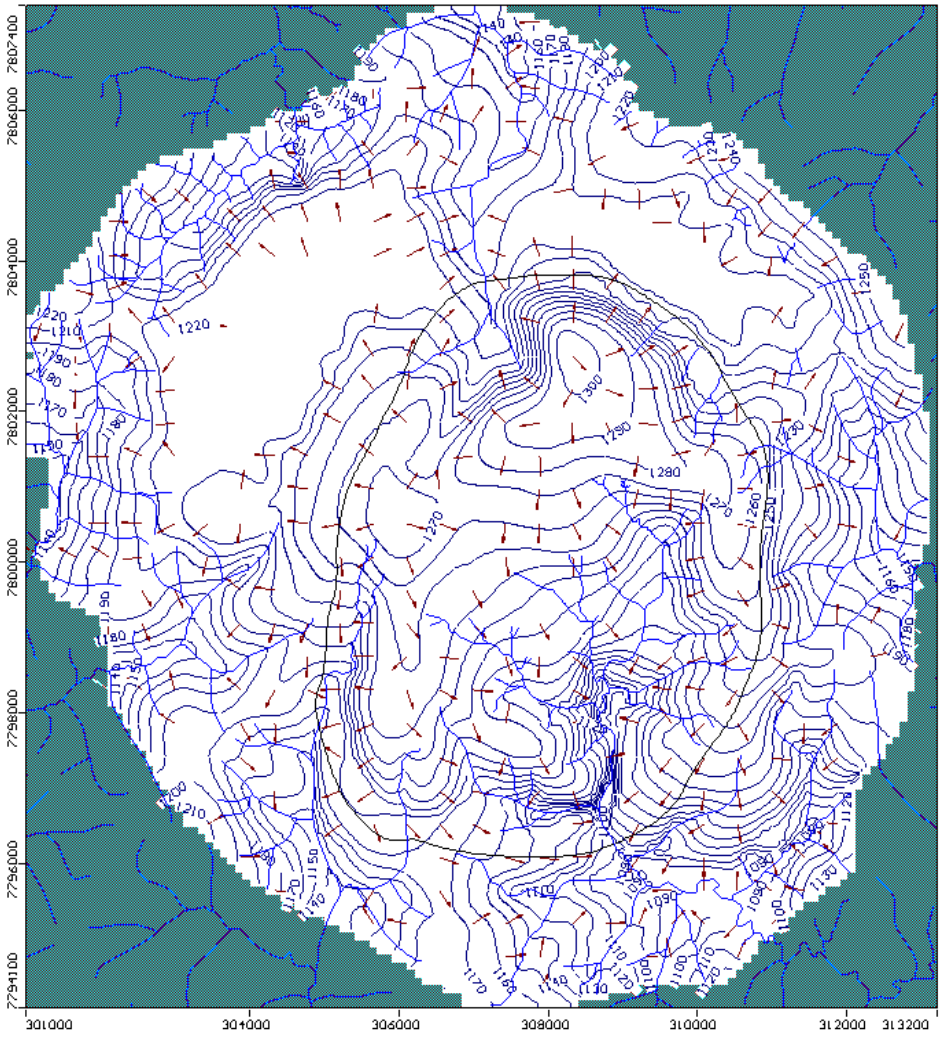
Figura 7.67 - Calibração das vazões trimestrais bombeadas pela bateria de poços de rebaixamento (valores monitorados e calculados pelo modelo, em m3/dia).

Foi verificada a relação entre os níveis d'água observados e calculados em cada setor, buscando a melhor aproximação possível através de retroanálises nos valores de armazenamento, condutividade e demais condições de contorno aplicadas.

A análise da piezometria nesta etapa de calibração é realizada por gráficos de nível d'água.

Desta forma, considerando-se os instrumentos e o banco de dados de nível d'água disponíveis, além dos resultados obtidos no modelo, é possível afirmar que foi alcançada uma boa calibração do nível d'água subterrâneo no modelo.

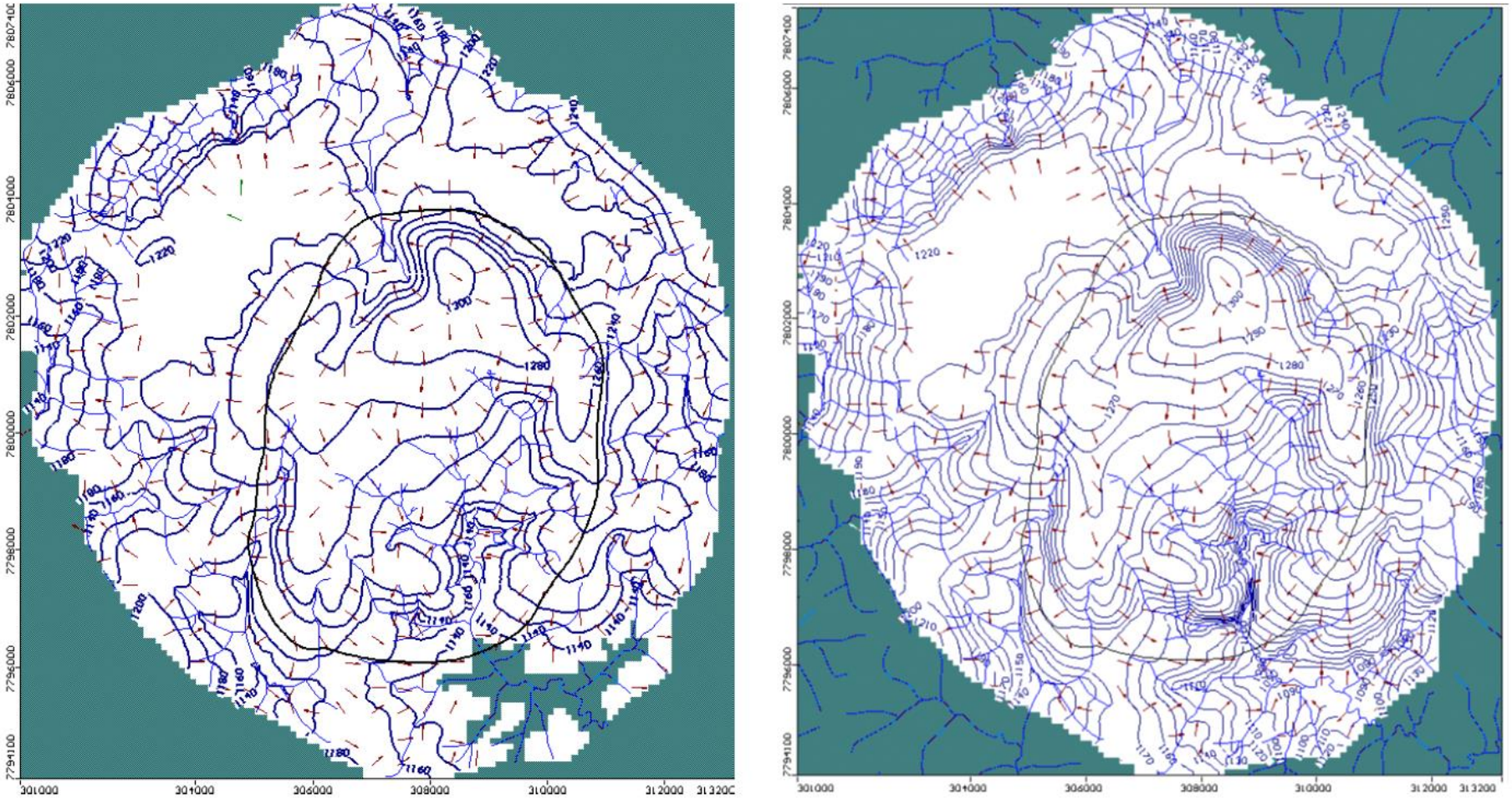
Como resultado, obteve-se uma mapa de isolinhas que correspondem ao nível d'água atual na data base de julho de 2020. Este mapa é apresentado na **Figura 7.69.**



Fonte: MDGeo, 2021.

Figura 7.68 – Isolinhas equipotenciais do nível d'água de 20 em 20 m ao final da calibração – julho de 2020.

Novamente nota-se um padrão regional do fluxo de água subterrânea com sentido principal para o Sul, em direção ao exutório da Bacia do Córrego da Mata. Além disso, há grande similaridade entre o modelo obtido em 2007 e julho de 2020, podendo indicar que até o momento as atividades do CMT não interferiram com o fluxo de água subterrânea da região. A **Figura 7.70** apresenta as isolinhas equipotenciais para facilitar a visualização e comparação entre os modelos calibrados.



2007 2020

Figura 7.69– Comparação dos modelos calibrados para 2007 e julho de 2020.

8 ATUALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO – MEIO BIÓTICO

8.1 FAUNA

Os itens a seguir visam demonstrar que o diagnóstico de fauna contido no EIA/Rima para o alteamento da BR até a cota 1.205 m não precisa ser complementado, uma vez que a nova ADA é praticamente idêntica à anterior e as áreas de influência direta e indireta se mantiveram inalteradas, de tal forma que os pontos monitorados para cada grupo faunístico encontram-se dentro da ADA ou áreas de influência.

Este item apresenta os resumos dos diagnósticos para cada grupo faunístico anteriormente realizado e atualiza as figuras de localização dos monitoramentos para demonstrar a validade da manutenção do diagnóstico.

O monitoramento da fauna é realizado anualmente pela unidade. As últimas campanhas de monitoramento dos grupos faunísticos avifauna, mastofauna e herpetofauna foram realizadas em novembro de 2017. No início de 2018, entre janeiro e março, foram realizados os levantamentos dos grupos quirópteros, ictiofauna e entomofauna. Portanto, os monitoramentos estão atualizados e validam o diagnóstico, dispensando a necessidade de novas campanhas.

8.1.1 Avifauna

O levantamento da avifauna foi realizado na Área Diretamente Afetada (ADA) e Área de Influência Direta (AID) da Barragem de Rejeitos – BR, entre os dias 13 a 16 de novembro de 2017, ou seja, na estação chuvosa.

Para a realização do inventário da avifauna, foram utilizadas as seguintes metodologias:

- Pontos fixos de visualização e escuta como metodologia principal;
- Listas de Mackinnon como metodologia complementar.

O mapa com os pontos amostrais das metodologias de pontos fixos de visualização e escuta e Listas de Mackinnon são apresentados na **Figura 8.1**.

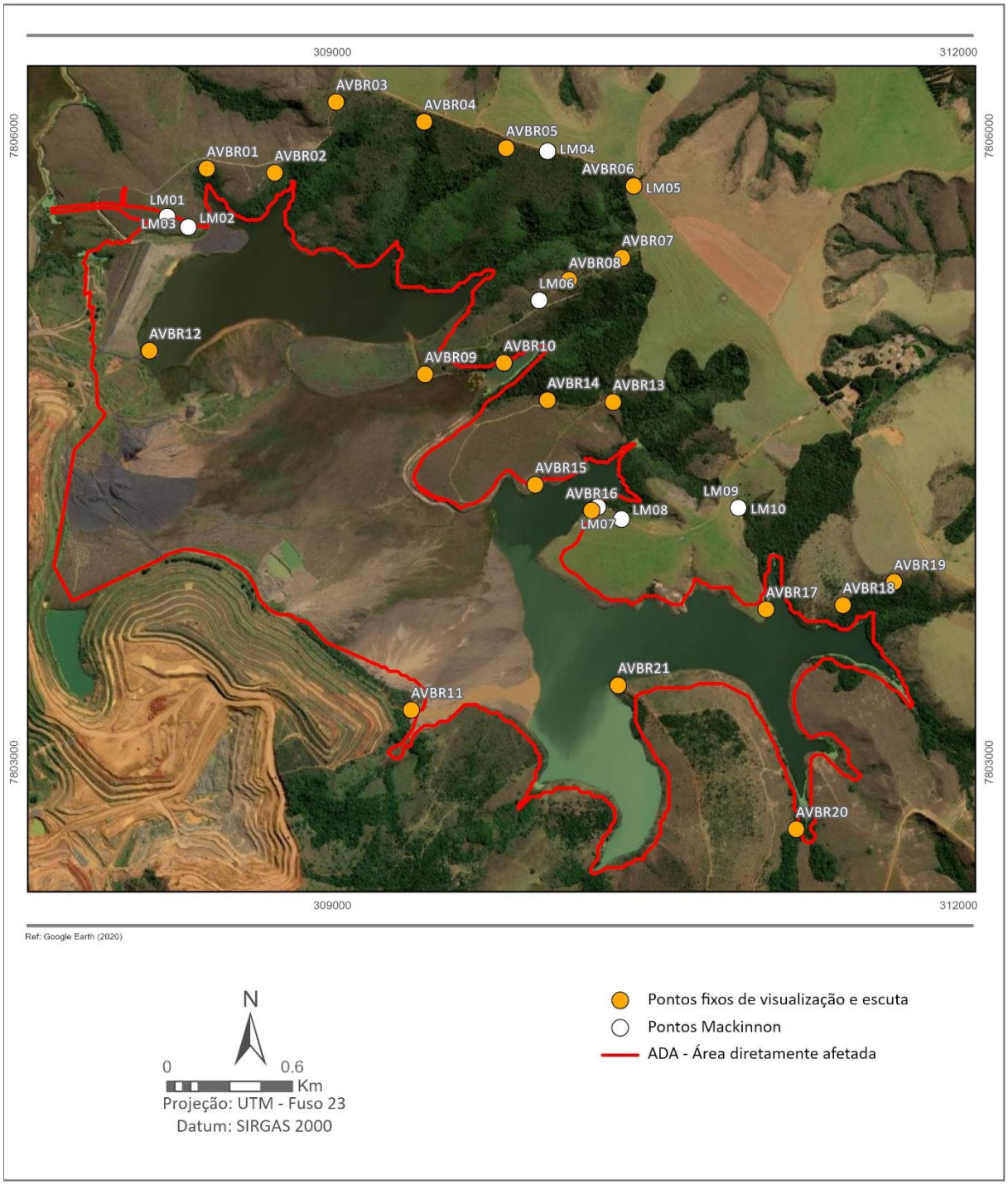


Figura 8.1 - Pontos de amostragem da avifauna apresentando as duas metodologias utilizadas: AVBR (pontos fixos de visualização e escuta) e LM (Listas de Mackinnon).

Os estudos da avifauna inicialmente partiram da compilação de dados secundários bibliográficos, obtidos dos estudos anteriores realizados no empreendimento. De acordo com os dados bibliográficos consultados, foram encontrados um total de 197 espécies de aves, nas quais, 121 foram inventariadas no estudo "Estudo de Impacto Ambiental – Alteamento da BL-

1" (MULTIGEO, 2015) e 181 no "Monitoramento da Fauna: Herpetofauna, Mastofauna e Avifauna do Complexo de Mineração de Tapira – Relatório Parcial 5ª Campanha" (BIOS, 2017).

Durante os trabalhos de campo realizados na estação chuvosa na ADA e AID da BR foi possível registrar um total de 105 espécies divididas em 19 ordens e 40 famílias. O total de registros coletados em campo corresponde a 53,3% das espécies obtidas por meio dos estudos bibliográficos, que foram consultados para embasar a caracterização da área total do empreendimento.

De acordo com a classificação de espécies migratórias (visitantes oriundas do hemisfério norte, sul ou de áreas a oeste do Brasil) e residentes (espécies que apresentam evidências de reprodução no país) proposta pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (PIACENTINI et al., 2015), foi registrada apenas uma espécie migratória, a *Pandion haliaetus* (águia-pescadora) sobrevoando os pontos de amostragem AVBR 11 e AVBR 21, localizados próximo à BR.

Quanto à importância do ponto de vista da conservação da avifauna, registrou-se 10 espécies endêmicas: 4 espécies do Bioma Mata Atlântica: *Ramphastos dicolorus, Synallaxis spixi, Myiothlypis leucoblephara* e *Tachyphonus coronatus*; 4 espécies do Bioma Cerrado: *Alipiopsitta xanthops*, *Thamnophilus torquatus*, *Antilophia galeata* e *Cyanocorax cristatellus*; 1 espécie do Brasil e da Mata Atlântica: *Todirostrum poliocephalum*; e 1 espécie do Brasil: *Aratinga auricapillus*.

Quanto ao grau de ameaça de extinção, um total de 5 espécies encontram-se classificadas nas seguintes categorias: *Crax fasciolata* como Vulnerável (VU) mundialmente (IUCN, 2017) e Em Perigo (EN) no estado de Minas Gerais (COPAM, 2010); *Mycteria americana* e *Platalea ajaja* como Vulneráveis (VU) no estado de Minas Gerais (COPAM, 2010); *Aratinga auricapillus* e *Alipiopsitta xanthops* como Quase Ameaçadas (NT) mundialmente (IUCN, 2017).

O Índice de Diversidade utilizado para caracterizar este Inventário da avifauna foi o *Shannon*, que apresentou o valor de 2,99 para a metodologia principal de pontos fixos de visualização e escuta, e 3,46 para a metodologia complementar de listas de Mackinnon.

Nota-se que a metodologia principal, pontos fixos de visualização e escuta, apresentou maior riqueza (n=88) e menor diversidade (H'=2,99) do que a metodologia complementar, listas de Mackinnon, com menor riqueza (n=57), porém, maior diversidade (H'=3,46).

A baixa riqueza de espécies que apresentam alta sensibilidade às alterações ambientais (n=2), indicadoras de qualidade ambiental, e espécies dependentes de ambientes florestais (n=18), se justifica devido às alterações da vegetação no interior do empreendimento de mineração, assim como nas fazendas de seu entorno.

8.1.2 Mastofauna

A metodologia utilizada para o levantamento da mastofauna terrestre de médio e grande porte, baseou-se em levantamento de dados primários (inspeções por transectos, visualizações diretas dos animais, busca por indícios indiretos e armadilhamento fotográfico) e dados bibliográficos ou secundários.

Os trabalhos em campo foram realizados em novembro de 2017, representando uma campanha de campo no período chuvoso da região.

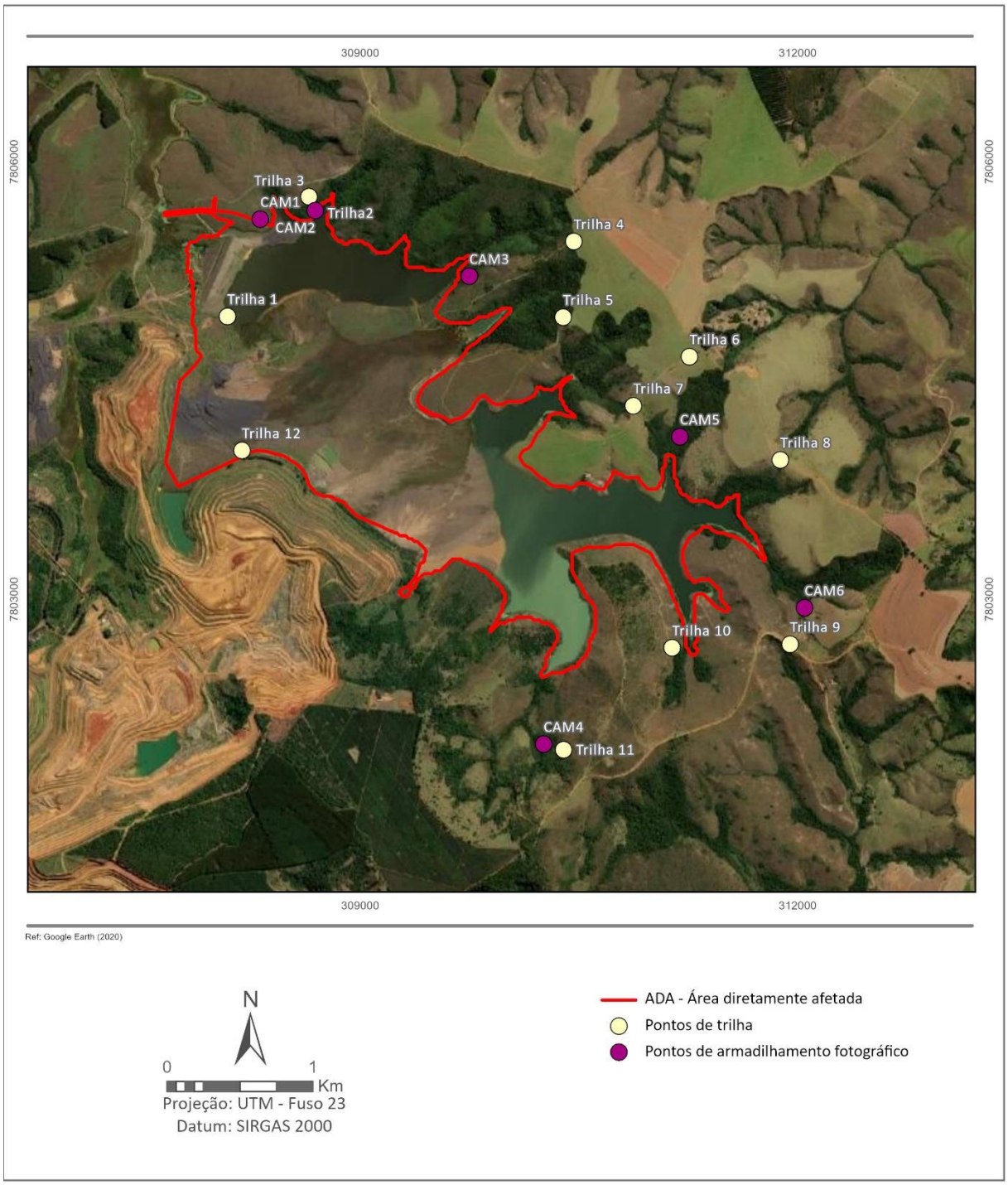


Figura 8.2 - Pontos de amostragem do inventário da mastofauna terrestre com armadilhamento fotográfico (6 câmeras) e transectos (12 trilhas).

De acordo com os dados secundários levantados na região de influência do CMT, são listadas 72 espécies de mamíferos terrestres de provável ocorrência na região, sendo 35 espécies de pequenos mamíferos e outras 37 espécies de mamíferos de médio/grande porte (AMBONI, 2007; BONVICINO *et al*., 2008; MULTIGEO, 2010 e 2012; REIS *et al*., 2011; DELPHI, 2012).

Com relação aos dados primários, obtidos por meio da utilização de armadilhamento fotográfico, busca ativa por transectos e busca por indícios/vestígios diretos e indiretos na ADA, AID e AII, foram identificadas 17 espécies de mamíferos terrestres (não voadores), distribuídos entre 8 Ordens e 12 Famílias. A família dos tatus, Dasypodidae, obteve três espécies registradas, sendo a família mais representativa. Outras três famílias obtiveram duas espécies registradas, sendo estas a Mustelidae, a Felidae e a Leporidae. As demais oito famílias apresentaram apenas uma espécie cada.

A composição das espécies encontradas é característica das regiões de Cerrado com alguns registros de animais que ocorrem também nas regiões da Mata Atlântica. Isso se deve à existência de Matas de galeria que se encontram inseridas nas vertentes dos riachos e encostas da região do entorno da barragem BR.

Considerando a abundância relativa das ocasiões de registros por espécie, verifica-se que o tamanduá (*Myrmecophaga tridactyla*) foi a espécie mais observada com 18,9% das ocorrências de registros, sendo inclusive observada uma fêmea com seu filhote em mata do entorno da barragem BR). Em seguida, o javali (*Sus scrofa*), espécie exótica, representou 17% dos registros. A terceira e quarta espécies mais frequentemente observadas foram o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), que representaram 15,1% das ocorrências cada uma delas. As demais famílias foram responsáveis por menos de 5,8% dos demais registros da mastofauna.

A curva do coletor foi elaborada através dos registros da mastofauna obtidos através dos seis pontos de armadilhamento fotográfico e dos 12 transectos percorridos por trilha na área de influência, totalizando assim 18 oportunidades de registros de mastofauna na área de influência do alteamento da barragem BR.

A curva do coletor apresentou estabilização após a 11ª ocasião de amostragem, com os dados obtidos na trilha 5, quando, até aquele momento, foram registradas 16 espécies. Após a compilação dos dados gerados na trilha 10, mais uma espécie foi registrada, atingindo a riqueza total observada de 17 espécies (**Figura 8.3**).

Assim verifica-se que com a continuidade do inventário, poucas novas espécies poderiam ser registradas por acaso, considerando que a curva do coletor indicou uma estabilização mesmo com novas ocasiões de amostragem pela frente.

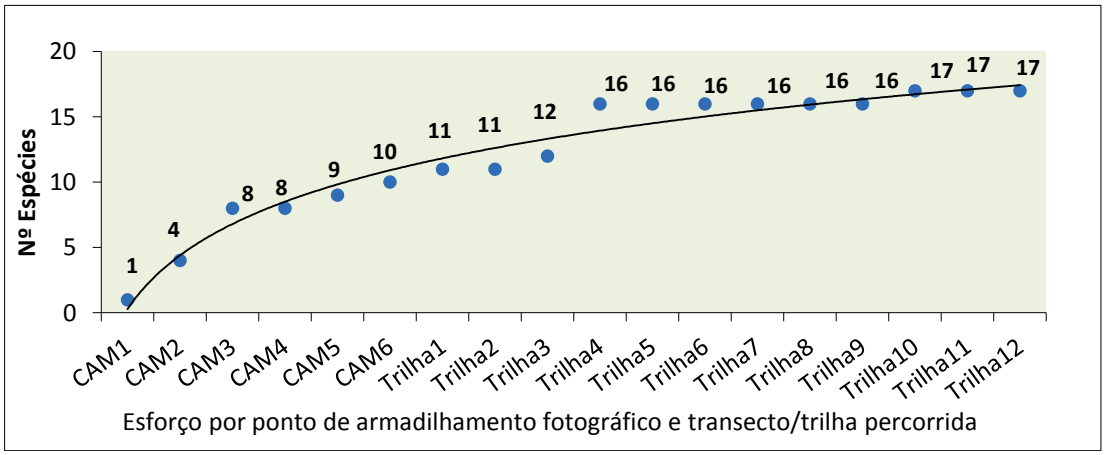


Figura 8.3– Curva do coletor espécie/amostragem para a riqueza observada.

De acordo com a lista de espécies ameaçadas de extinção, no âmbito mundial, a espécie tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla)* é classificada como VU (vulnerável) e as espécies lobo-guará *(Chrysocyon brachyurus)* e macaco-sauá (*Callicebus nigrifrons)* são consideradas como NT (Quase Ameaçados) (IUCN, 2011; HILTON-TAYLOR *et al*., 2004; RYLANDS e CHIARELLO, 2003).

Segundo a "Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção", ressalta-se que foram encontradas 3 espécies ameaçadas de extinção (17,6%) com o grau VU (vulnerável): tamanduá-bandeira *(Myrmecophaga tridactyla),* lobo-guará *(Chrysocyon brachyurus)* e gato-mourisco (*Puma yagouarondi*) (MMA, 2014). Na esfera estadual, as espécies tamanduá-bandeira *(Myrmecophaga tridactyla),* lobo-guará *(Chrysocyon brachyurus*) e jaguatirica *(Leopardus pardalis*) situam-se na categoria VU (vulnerável) (COPAM, 2010).

Ressalta-se que duas espécies de mamíferos registradas são exóticas para a fauna brasileira, sendo estas o javali (*Sus scrofa*) e a lebre (*Lepus europaeus*), totalizando 11,7% do total de espécies registradas.

O estudo conclui que a ADA e AID do projeto de alteamento da barragem BR apresentaram registros de fauna característica de áreas em bom estado de conservação, devido à presença de espécies de topo de cadeia, além de duas espécies de primatas. Notoriamente, as espécies que possuem menor tolerância às atividades antrópicas e que poderão vir a desaparecer da ADA e AID são: sauá (*Callicebus nigrifrons*), jaguatirica *(Leopardus pardalis*), irara *(Eira bárbara*) e o cateto (*Pecari tajacu)*, sendo que este último já sofre competição de hábitat pela espécie exótica javali.

8.1.3 Herpetofauna

Para o levantamento da herpetofauna na área de influência foram utilizadas a metodologia de busca na literatura especializada (levantamento de dados secundários), onde foram apresentadas as espécies de possível ocorrência na área através de especulação de outros levantamentos faunísticos realizados nas proximidades do município de Tapira.

A coleta de dados primários em campo foi realizada em uma campanha, entre os dias 15 a 17 de novembro de 2017, período correspondente à estação chuvosa do ano.

Para a coleta de dados primários em campo, utilizou-se o método de busca ativa. Esse método se baseia na procura pelos indivíduos da herpetofauna em seu hábitat, como, por exemplo, em ambientes aquáticos e alagados, na serrapilheira, em bromélias e buracos em troncos. A busca foi realizada durante todo o dia e, em especial para os anuros, a busca foi realizada à noite, sempre orientada pela vocalização emitida pelos machos.

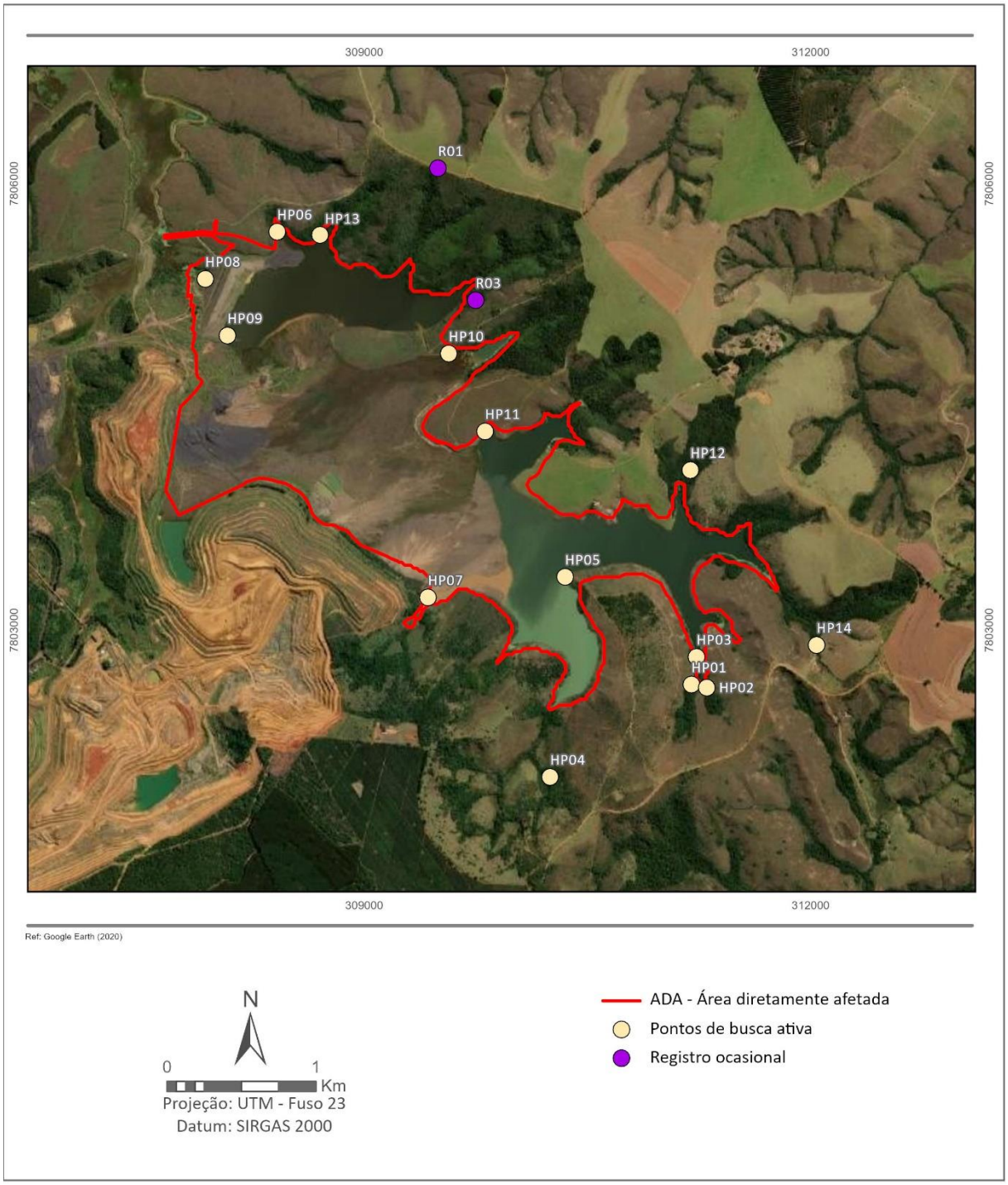


Figura 8.4 - Distribuição dos pontos de registro da herpetofauna no presente estudo.

Foi encontrada na literatura a possibilidade de ocorrência de 96 espécies da herpetofauna. O maior número de espécies foi registrado na região do Parque Nacional Serra da Canastra, com 92 espécies, sendo 38 anfíbios e 54 répteis. No monitoramento realizado na unidade do CMT, foram registradas 25 espécies, 18 anuros e 7 répteis.

Quanto aos dados primários, foi registrada a presença de 20 espécies da herpetofauna; entre essas, duas serpentes, um lagarto e 17 anfíbios anuros. Entre as espécies de anfíbios anuros

registrados no levantamento, a maior riqueza pertence à família Hylidae, com nove espécies distribuída em cinco gêneros. Em seguida, Leptodactylidae com cinco espécies em dois gêneros; Bufonidae com duas espécies em um gênero e Brachycephalidae com uma única espécie.

Entre as espécies registradas no estudo, nenhuma se enquadra em qualquer grau de ameaça a sua conservação, seja na lista estadual (COPAM, 2010), nacional (MMA, 2014) ou mundial (IUCN, 2017). Contudo, duas espécies registradas estão na categoria de deficientes de dados (DD) segundo os critérios da IUCN. Essa categoria é aplicada às espécies que não possuem informação suficiente para sua classificação adequada. Assim, destacam-se as pererecas *Bokermannohyla sazimai* e *Ololygon canastrensis*.

8.1.4 Quirópteros

O levantamento de dados secundários deu-se por meio de consulta aos trabalhos de: Schneider *et al*., (2000) Ministério do Meio Ambiente (2005), GRELLE *et al*., (1997), EIA do Complexo de Mineração de Tapira (MULTIGEO, 2015), e EIA Usina Termelétrica de Tapira (DELPHI, 2012). Os autores registraram nos presentes estudos 17 espécies de morcegos, sendo estas agrupadas em 15 gêneros e três famílias.

O levantamento de dados primários na área de implantação da Alteamento da Barragem BR foi realizado em uma incursão a campo entre os dias 29 de janeiro e 1 de fevereiro de 2018, ou seja, durante da estação chuvosa. Foi empregado um esforço amostral de 7.200 m² x hora de redes abertas.

A amostragem da mastofauna voadora (quirópteros) foi realizada através da interceptação dos animais em voo com a utilização de redes de neblina (*Mist nets*) e busca ativa diurna a possíveis abrigos utilizados por morcegos (atividade complementar).

As redes de neblina foram instaladas em locais de provável rota de passagem dos morcegos, considerando a diversidade dos ambientes presentes nas áreas selecionadas para o estudo. Ao todo foram amostrados 4 pontos.

Em cada noite de amostragem, foram utilizadas dez redes-de-neblina (10 m x 3 m), que foram abertas ao entardecer (17h50) e permaneceram assim por seis horas consecutivas, sendo recolhidas às 23h50. As vistorias ocorreram em intervalos regulares de 30 minutos, no intuito de evitar que os animais capturados se machucassem e/ou causassem avarias nas redes. Durante o dia, foram realizadas buscas por abrigos naturais (ocos de árvores, fendas de rochas) com a finalidade de ampliar os registros.

Os indivíduos capturados nas redes foram acondicionados em sacos de pano e transportados a um local apropriado para triagem e identificação, onde foram obtidas as seguintes medidas: tamanho do antebraço, tamanho do calcâneo, tamanho do pé, tamanho da orelha e tamanho da cauda. As medidas foram obtidas com auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm de precisão). O peso foi obtido com auxílio de dinamômetros de 100 g ou 300 g de capacidade, dependendo do porte do animal.

Durante a campanha foi capturado apenas um indivíduo da espécie *Platyrrhinus lineatus*. Os indivíduos da espécie *Platirrhynus lineatus* possuem um tamanho médio para morcegos e apresentam listras brancas faciais e uma única dorsal. Diversos autores (GORCHOV *et al.,* 1993; REIS *et al.,* 2013; MARTINS *et al.,*2014) consideram esta espécie como uma importante

dispersora de sementes de plantas pioneiras auxiliando na recomposição de ambientes degradados (REIS, *et al*. 2016).

8.1.5 Ictiofauna

A ictiofauna da área de influência do Complexo de Mineração de Tapira já foi inventariada em outras ocasiões, sendo consolidada uma lista de registro com 22 espécies de peixes.

Entre fevereiro e março de 2018, foi feito um novo levantamento de ictiofauna, representando uma campanha de campo no período chuvoso da região.

Para a amostragem da ictiofauna, foram utilizados métodos de amostragem quantitativos e qualitativos dos peixes, através de redes de emalhar, redes de arrasto, peneiras e tarrafas de malha fina. Neste estudo foram amostrados quatro pontos para o inventário da ictiofauna, conforme **Figura 8.5.**

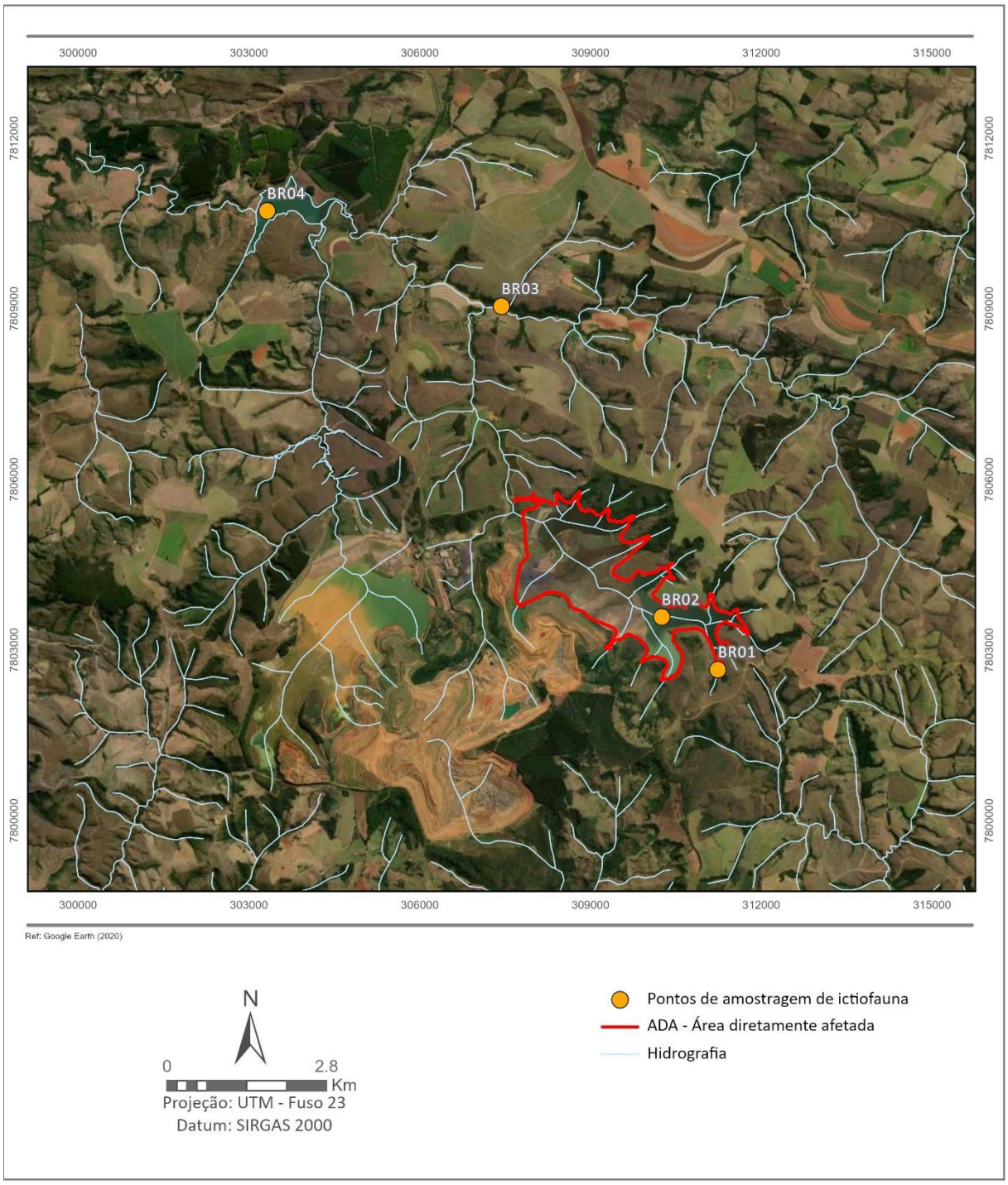


Figura 8.5 – Pontos de amostragem de ictiofauna.

Durante a campanha de coleta do inventário da ictiofauna, foram coletados 248 indivíduos pertencentes a quatro ordens, sete famílias e 14 espécies.

Considerando a coleta de campo realizada, a ordem mais representativa em número de indivíduos foi a dos Characiformes com 66,1% dos indivíduos coletados, seguida pela ordem dos Perciformes com 17,3% e dos Siluriformes com 16,1%. A ordem dos Gymnotiformes foi a menos abundante, com 0,4% dos indivíduos coletados.

Já considerando o número de espécies acumulado para cada ordem registrada, os Characiformes foram os mais representados, com 7 espécies registradas, representando 50% das espécies registradas. As espécies desta ordem foram os lambaris (*Astyanax fasciatus*, *Astyanax lacustris*, *Astyanax paranae* e *Astyanax scabripinis)*, o trairão (*Hoplias intermedius*), a traíra (*Hoplias malabaricus*) e a cachorra (*Oligosarcus pintoi*). A ordem dos Siluriformes foi a segunda mais abundante em número de espécies, com 4 espécies registradas, representando 28,6% das espécies registradas. As espécies de Siluriformes encontradas foram os cascudos (*Hypostomus nigromaculatus* e *Hypostomus paulinus)*, o bagre (*Rhamdia quelen*) e o bagrinho (*Trichomycterus* sp). A ordem dos Perciformes foi representada por 2 espécies (14,3%), o cará (*Geophagus brasiliensis)* e a espécie exótica de tilápia (*Coptodon rendalli)*. Os Gymnotiformes foram representados apenas por uma espécie, o sarapo (*Gymnotus carapo)*.

Nenhuma espécie observada está registrada na lista de espécies ameaçadas de extinção pelo Ministério do Meio Ambiente (2014). No entanto, considerando os dados secundários levantados para a área, a pirapitinga (*Brycon nattereri*) está classificada na categoria Vulnerável (VU) na lista nacional (MMA, 2014), e classificada como Em Perigo (EN) na lista estadual (COPAM, 2010). Ressalta-se que esta espécie já foi alvo de reproduções e peixamentos por parte da Estação Ambiental de Volta Grande, centro de piscicultura da UHE Volta Grande, localizado a jusante das áreas de coleta do presente inventário.

Uma espécie registrada é exótica para o alto da bacia do rio Paraná, representando 7,14% do número total de espécies amostradas. A tilápia (*Coptodon rendalli*) já está estabelecida na bacia do alto rio Paraná e é comum à região de influência do empreendimento.

Ressalta-se que exemplares desta espécie exótica foram capturados apenas nos pontos de barragem, sugerindo que esta espécie coloniza apenas os pontos já alterados, não sendo registrada nos pontos com condições naturais, como o Ribeirão do Inferno.

Não foram observadas espécies de peixes com grande importância para a conservação da ictiofauna, sendo que as populações observadas representam espécies comumente encontradas na bacia e tolerantes aos impactos já gerados pelo empreendimento historicamente.

8.1.6 Limnologia – Plâncton e Zoobentos

Foram selecionados 4 pontos de amostragem, sendo 2 no Córrego Boa Vista e 2 no Ribeirão do Inferno, sendo ainda 2 pontos em ambiente lótico e 2 ambientes lênticos. A **Figura 8.6** apresenta a localização dos pontos. A campanha foi realizada no período chuvoso da região e ocorreram precipitações durante a coleta.

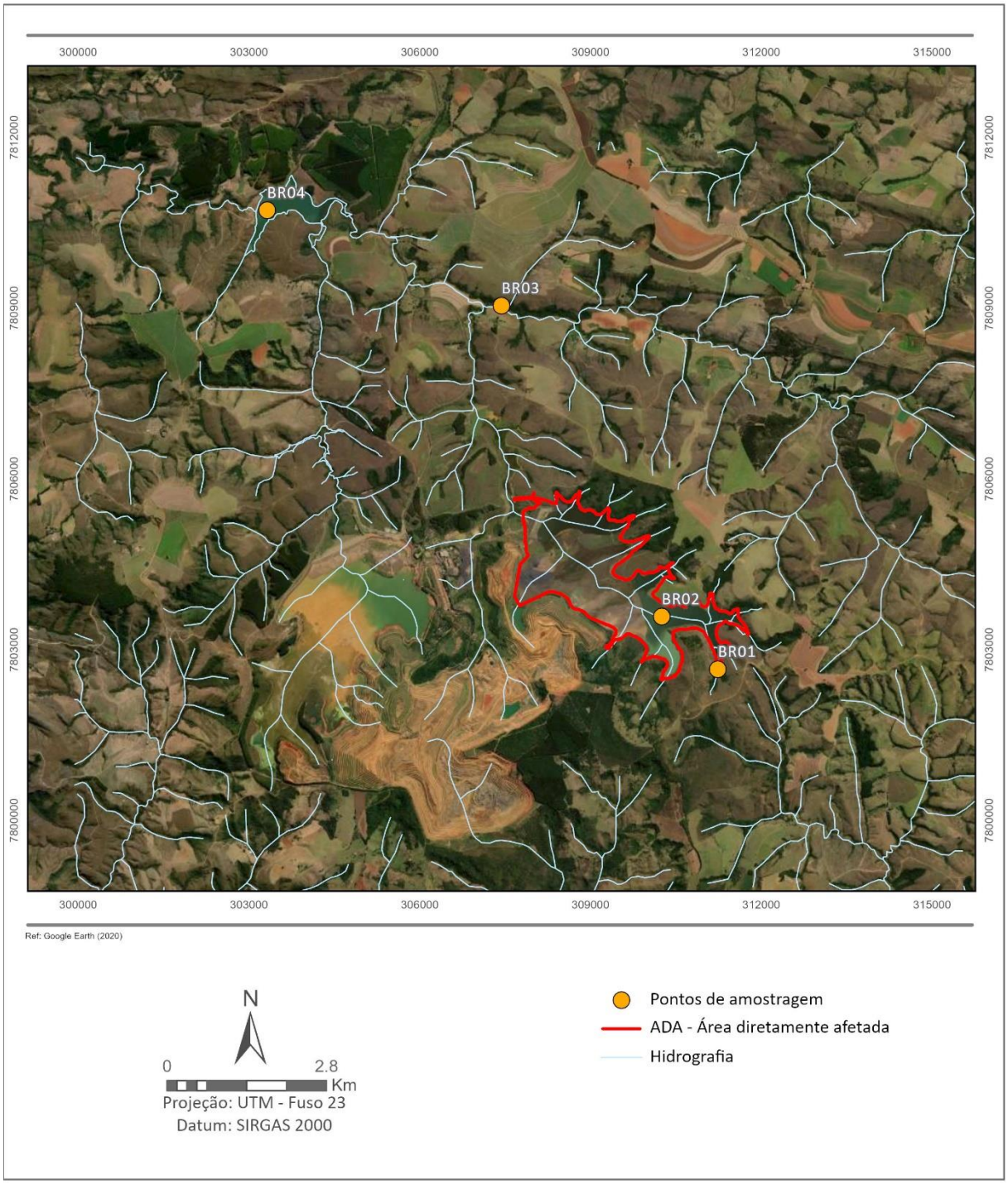


Figura 8.6 – Pontos de amostragem de limnologia.

As avaliações da biota aquática (plâncton e zoobentos) caracterizaram os ambientes lênticos (BR02 e BR04) mais impactados, onde foram detectados:

- Concentrações altas de íons;
- Presença de bioindicadores de baixa qualidade ambiental;
- Cianobactérias potencialmente produtoras de cianotoxinas (BR02);
- Ausência de organismos do zoobentos (BR02);

- Alta densidade de dípteros nos sedimentos da Barragem do Ribeirão do Inferno (BR04).

Dentre os ambientes lóticos (BR01 e BR03), o córrego Boa Vista mostrou boas condições para a biota zooplanctônica. Espécies indicadoras de boa qualidade estiveram presentes, tanto para essa biota quanto para o zoobentos. No ribeirão do Inferno (BR03) percebeu-se uma tendência do enriquecimento das águas, típica de lançamento de efluentes orgânicos.

Como a campanha de amostragem ocorreu em período de maiores precipitações, as comunidades do fitoplâncton e do zoobentos refletiram com resultados inferiores para a riqueza e índices bióticos.

8.1.7 Entomofauna

Para a região do estudo, assim como para a maioria das regiões brasileiras, não existem estudos ou levantamentos disponíveis para o grupo de entomofauna. Isso ocorre porque a pesquisa ecológica com insetos vetores ainda é incipiente em nosso país e os levantamentos existentes são restritos a regiões endêmicas de algum tipo de agravo à saúde.

Desta forma, o levantamento de dados secundários foi realizado com base nos dados dos estudos realizados no empreendimento: “EIA Alteamento da barragem BL1 e Expansão de Lavras do Complexo de Mineração de Tapira” (MULTIGEO, 2015). No estudo, foram encontradas 38 espécies de dípteros pertencentes as famílias Culicidae e Psychodidae.

O levantamento da entomofauna (para coleta de dados primários) foi realizado na Área Diretamente Afetada (ADA) e Área de Influência Indireta (AID) da Barragem BR - entre os dias 5 e 8 de janeiro de 2018, estação chuvosa.

Para o levantamento de espécies de vetores de doenças, a área foi dividida em quatro estações amostrais dentro da área do estudo, onde os métodos de amostragem foram desenvolvidos, totalizando um esforço amostral de cinco dias de campo.

As estações amostrais foram determinadas de forma a fornecer a maior quantidade de capturas e dados possíveis, inclusive visando a amostragem de vetores sinantrópicos, contemplando assim as principais regiões de matas remanescentes e de importância epidemiológica na área do empreendimento. A **Figura 8.7** indica a localização das estações amostrais.

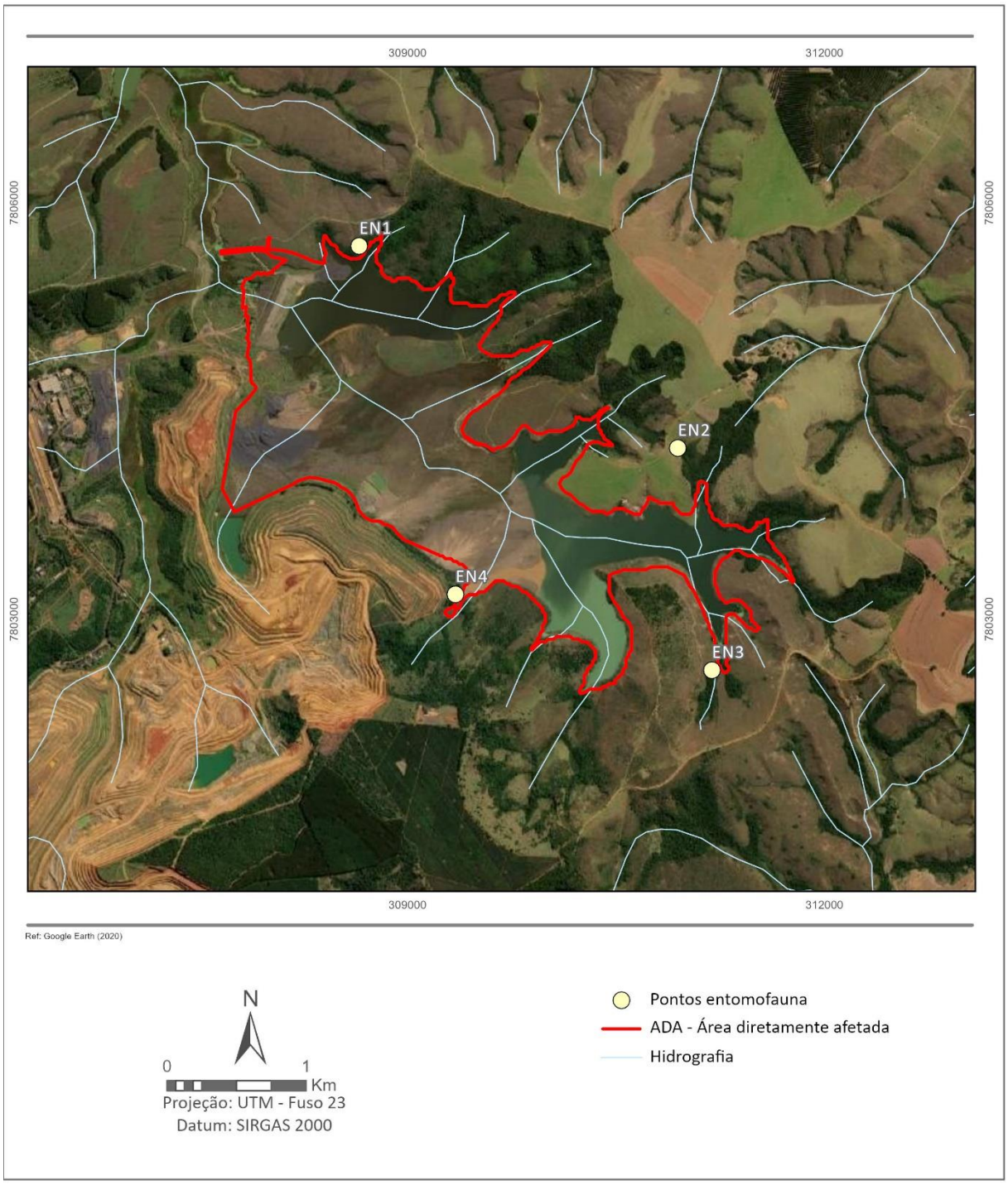


Figura 8.7 – Pontos de amostragem de entomofauna.

Para amostragem dos mosquitos adultos foram utilizados os seguintes métodos de coleta:

- Busca ativa;
- Armadilha Shannon;
- Para a coleta de imaturos foi usado o método de Concha entomológica.

Durante a campanha do levantamento de entomofauna vetora, foram registradas 26 espécies de dípteros pertencentes às famílias Culicidae e Psychodidae. Ao todo, foram amostrados 425 indivíduos, sendo a família Culicidae a mais representativa, com 419 espécimes, distribuídos em 25 espécies. Já para os flebótomos, pertencentes à família Psychodidade, foram coletados 6 espécimes.

A alta abundância registrada está relacionada com o fato da campanha ter sido realizada no período chuvoso, no qual é esperado um aumento tanto na quantidade quanto na diversidade de culicídeos.

Durante a campanha de campo foram registrados acúmulos de água com características diferenciadas, como acúmulos temporários de água de chuva, áreas com solo alagado, margens de córregos com menor correnteza e margem da barragem exposta e com grande presença de vegetação aquática. Nestes locais, foram registradas larvas de anofelinos e culicíneos apenas nas margens da barragem, o que pode indicar que ela é utilizada preferencialmente pela comunidade de mosquitos da região como local de oviposição.

Outro fator importante para este resultado foi a grande abundância de espécimes de Culex (Mel) sp registrados (224 indivíduos). As larvas deste grupo se desenvolvem em locais naturais como bromélias ou bolsões de rios, charcos, alagados e lagos. Outras espécies que apresentaram elevada abundância foram *Mansonia titillans* e *Culex* (Cux) sp.

Mosquitos do gênero Mansonia possuem a característica de depositar seus ovos em coleções de água permanente e com vegetação aquática; já os pertencentes ao gênero Culex subgênero Culex podem se reproduzir usando criadouros muito diversificados (Consoli e Lourenço, 1994). Por isso, pode-se inferir que o elevado número de espécimes das espécies supracitadas está relacionado com a presença da barragem BR, uma vez que o uso da barragem como local de oviposição pode ser confirmado através da coleta de larvas em suas margens.

Dentre as espécies identificadas, as de maior importância do ponto de vista médico-veterinário são, sem dúvida, *Sabethes intermedia*e e *Aedes albopictus.* O primeiro por ser considerado vetor da febre-amarela em seu ciclo silvestre e o segundo por ser apontado como vetor da dengue, febre Chikungunya, Zika vírus e febre-amarela.

O grupo dos flebotomíneos também merece bastante atenção em virtude de seu potencial vetor para as leishmanioses visceral e cutânea no Brasil.

8.2 FLORA

8.2.1 Metodologia de estudo da flora local

8.2.1.1 *Levantamento de dados*

O levantamento de dados na ADA - Área Diretamente Afetada e AID – Área de Influência Direta do empreendimento foi realizado durante duas campanhas de campo, sendo a primeira executada entre os dias 13/11/2017 e 17/11/2017 e a segunda entre os dias 14/05/2018 e 17/05/2018.

Ressalta-se que o estudo de flora realizado nos anos de 2017 e 2018 foi executado considerando o alteamento da barragem BR até a cota 1.205 m, cuja área diretamente afetada

era equivalente a 225,78 ha, conforme projeto elaborado em 2017 pela Geoconsultoria. Recentemente, no ano de 2019, foi elaborado um novo projeto pela empresa DF + Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos, para alteamento da barragem até a cota 1.210 m, em que houve uma redução significativa da área diretamente afetada para 75,64 ha. Dessa forma, serão apresentados a seguir os resultados do estudo realizado em 2017 e 2018, com atualização dos dados para o projeto mais recente de 2019, com base na área de intervenção equivalente a 75,64 ha.

Durante as campanhas foram levantados dados primários para caracterização da cobertura vegetal, levantamento de dados florísticos, fitossociológicos, execução de inventário florestal e mapeamento da cobertura vegetal, e uso e ocupação do solo.

As amostragens de flora foram realizadas em todas as formações vegetais presentes nas áreas de estudo.

A amostragem da composição florística foi realizada através do Método de Caminhamento (Filgueiras *et al.,* 1994), que consiste em levantamentos florísticos qualitativos expeditos, por fisionomia reconhecida e que propicia, além da caracterização da vegetação, a elaboração de uma lista de espécies. A amostragem florística incluiu espécies arbóreas, arbustivas, herbáceas e lianas.

As espécies encontradas no estudo foram identificadas por técnicos com conhecimento em botânica, com base no sistema de classificação Angioperm Philogeny Group III (APG III, 2009). Para as espécies não identificadas em campo foi realizada uma descrição morfológica dos principais caracteres vegetativos e reprodutivos (quando presente), e fotografadas para posterior identificação. Para confirmação taxonômica foram utilizadas chaves dicotômicas, bibliografias específicas e consultados herbários virtuais, como Neotropical Herbarium Specimes, Royal Botanic Gardens, REFLORA.

A metodologia de coleta de dados fitossociológicos na ADA e AID foram distintas. Na ADA foram demarcadas unidades amostrais (parcelas) para obtenção de dados fitossociológicos e estimativa do volume de madeira, enquanto na AID foram utilizados pontos quadrantes para obtenção de dados fitossociológicos. Portanto, as metodologias utilizadas na coleta de dados da ADA e AID serão apresentadas em separado para cada área de estudo.

8.2.1.2 *ADA – Área Diretamente Afetada*

A amostragem fitossociológica (inventário florestal) foi realizada na área diretamente afetada com base no projeto elaborado em 2017, cuja área de intervenção era superior em relação ao projeto atualizado em 2019.

A amostragem consistiu na demarcação de parcelas (unidades amostrais) de área fixa, pelo método de Amostragem Casual Estratificada (ACE). Este método de amostragem é indicado para áreas não homogêneas, haja vista a presença de povoamentos com diferentes idades, espécies e topografias, entre outras fontes de variação. A amostragem casual estratificada consiste na divisão da população em subpopulações mais homogêneas em termos de distribuição da característica de interesse, denominadas estrato, dentro dos quais se realiza a distribuição de unidades de amostra de forma casual (aleatória). Este é o método básico de seleção probabilística em que, na seleção de uma amostra composta de *n* unidades de amostra, todas as possíveis combinações das *n* unidades teriam as mesmas chances de serem

selecionadas (SOARES *et al*., 2006). Em um inventário florestal, a amostragem casual produz uma estimativa não tendenciosa da média da população e fornece informações necessárias para avaliar o erro de amostragem.

A área alvo do inventário florestal foi estratificada de acordo com as formações vegetais existentes, para avaliar a estrutura horizontal e o rendimento lenhoso específico de cada estrato. As amostragens fitossociológicas foram realizadas nos seguintes estratos/formações vegetais: Floresta Estacional Semidecidual (FES), Cerradão, Cerrado*stricto sensu*, Campo Sujo e Pastagem.

Ressalta-se que nas fisionomias Campo Sujo e Pastagem, diante da baixa quantidade de indivíduos arbóreos existentes nessas formações, foi realizado o Censo Florestal ou Inventário 100%, que consiste na amostragem de todos os indivíduos componentes de um estrato, sendo a mais apropriada para pequenas áreas ou áreas com pequeno número de indivíduos.

O inventário florestal quali-quantitativo foi realizado por medição direta de indivíduos arbóreos com CAP (circunferência à altura do peito - 1,30 m acima do solo) igual ou superior a 15,7 cm. O CAP foi mensurado com o auxílio de fita métrica e a altura total com o auxílio de uma trena elétrica (**Fotos 8.1** e **8.2**).



Foto 8.1 –Medição de CAP (circunferência à altura do peito) em unidade amostral durante o inventário florestal.



Foto 8.2 –Medição de altura de árvore com auxílio de trena elétrica.

As unidades amostrais (parcelas) do inventário florestal foram demarcadas em formato retangular com dimensões de 300 m² (10 x 30 m) cada uma.

As parcelas foram demarcadas em campo, com auxílio de trena, fita de demarcação e plaquetas metálicas com a informação “Inventário Florestal”. As parcelas foram estabelecidas a partir da abertura de uma picada ao longo da linha central da mesma (eixo longitudinal), com início sempre em um indivíduo arbóreo, o qual serviu de marco para identificação da parcela. No indivíduo arbóreo inicial foi fixada uma fita de demarcação colante amarela e fixada uma plaqueta de metal vermelha com a informação “Inventário Florestal”. O último indivíduo arbóreo no final da picada também foi marcado com fita de demarcação colante amarela e alguns indivíduos arbóreos situados nas laterais das parcelas foram marcados através da amarração de fita zebrada. A partir da linha central da parcela foram considerados 5 metros para cada lado (esquerdo e direito). Nos indivíduos arbóreos inseridos no interior da

unidade amostral foi realizada uma pequena injúria no tronco das mesmas. A **Figura 8.8** ilustra o tamanho e forma das unidades amostrais.

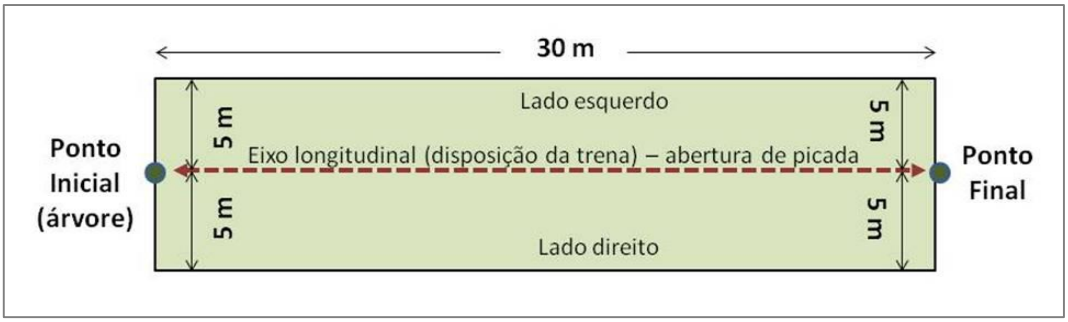


Figura 8.8–Croqui com representação de unidade amostral utilizada no estudo.



Foto 8.3 –Marcação de indivíduo arbóreo no início da unidade amostral (ponto central inicial).



Foto 8.4 – Demarcação de unidade amostral com auxílio de trena métrica no eixo central da parcela.

Ao todo foram demarcadas 32 unidades amostrais (parcelas) durante o estudo fitossociológico (inventário florestal), sendo 17 unidades inseridas nas áreas de Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio, 11 em Cerrado *stricto sensu* e 4 na fisionomia Cerradão. Também foi realizado o censo florestal (inventário 100%) nas fisionomias Campo Sujo e Pastagem.

Salienta-se que, diante da atualização do projeto de alteamento da barragem BR ocorrido após a execução do inventário florestal, algumas parcelas alocadas no estudo ficaram de fora da atual área de intervenção. Entretanto, a volumetria estimada para as tipologias e a composição florística são condizentes com área diretamente afetada atual.

Os pontos de amostragem fitossociológica estão representados na **Figura 8.9**.

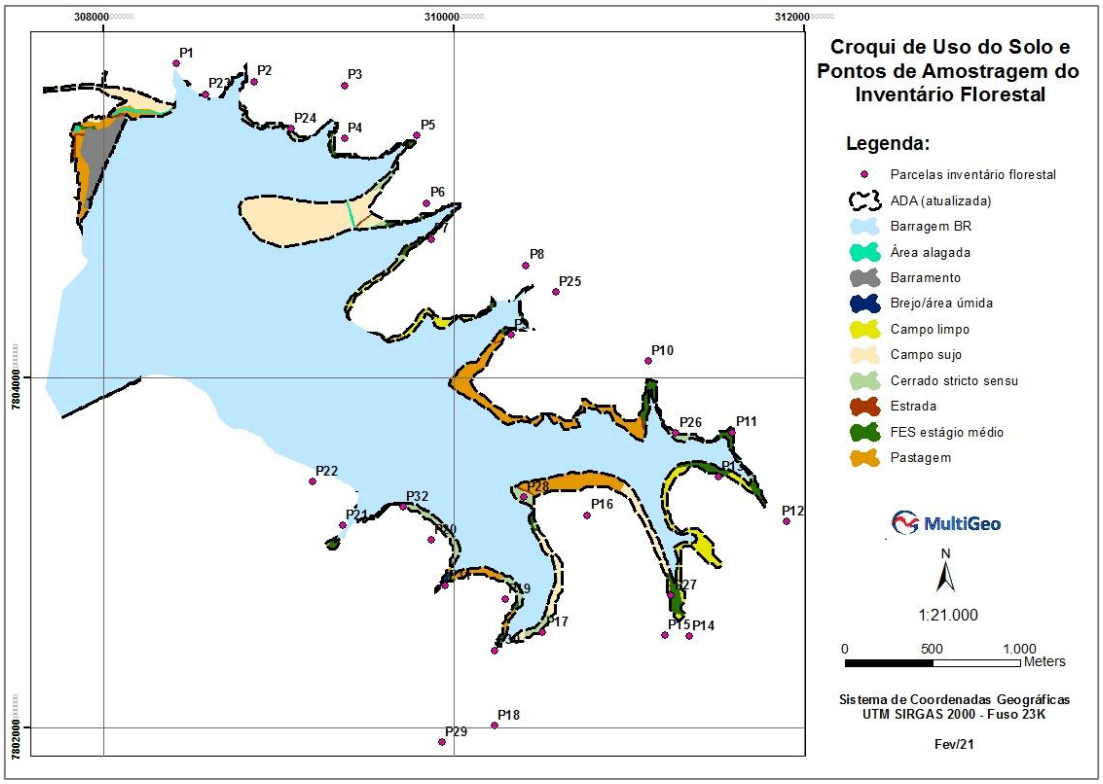


Figura 8.9 – Croqui de uso do solo e localização dos pontos de amostragem do inventário florestal.

Ressalta-se que no mapeamento da cobertura vegetal realizado inicialmente, algumas formações florestais foram classificadas como Cerradão, porém houve um questionamento do órgão ambiental em relação à classificação desta tipologia, no sentido de enquadrar tal fisionomia como remanescentes de FES – Floresta Estacional Semidecidual. Para tanto, durante a atualização do mapa de cobertura vegetal da ADA para a cota 1.210 m, os fragmentos classificados inicialmente como Cerradão foram mapeados como FES em estágio médio e os dados fitossociológicos foram processados de maneira unificada para essas duas fisionomias.

As unidades amostrais (parcelas) foram georreferenciadas com auxílio de GPS de navegação – Garmin Etrex 30, com marcação do ponto central inicial e final de cada parcela. As coordenadas geográficas e a fisionomia amostrada em cada uma das unidades amostrais do estudo fitossociológico são indicadas no **Quadro 8.1**.

Quadro 8.1 – Coordenadas geográficas das parcelas amostradas no inventário florestal.

Coordenadas Geográficas Parcelas Inventário Florestal - UTM SIRGAS 2000					
Parcela	Ponto Inicial		Ponto Final		Fisionomia
	X	Y	X	Y	
P1	308412	7805785	308420	7805760	FES médio
P2	308856	7805689	308858	7805664	Cerradão (FES médio)
P3	309374	7805668	309384	7805642	FES médio
P4	309373	7805366	309377	7805338	Cerrado
P5	309789	7805383	309770	7805367	FES médio
P6	309842	7804995	309870	7804997	Cerrado

Coordenadas Geográficas Parcelas Inventário Florestal - UTM SIRGAS 2000					
Parcela	Ponto Inicial		Ponto Final		Fisionomia
	X	Y	X	Y	
P7	309868	7804789	309893	7804787	FES médio
P8	310405	7804651	310414	7804632	FES médio
P9	310324	7804243	310348	7804246	Cerrado
P10	311108	7804094	311128	7804081	FES médio
P11	311589	7803684	311612	7803697	FES médio
P12	311899	7803177	311883	7803196	FES médio
P13	311509	7803433	311488	7803449	FES médio
P14	311342	7802519	311331	7802511	FES médio
P15	311201	7802527	311197	7802510	FES médio
P16	310760	7803212	310780	7803203	Cerrado
P17	310505	7802541	310487	7802522	Cerrado
P18	310232	7802008	310222	7802026	FES médio
P19	310291	7802731	310319	7802728	Cerradão (FES médio)
P20	309870	7803072	309854	7803091	Cerrado
P21	309362	7803155	309336	7803148	Cerradão (FES médio)
P22	309190	7803404	309216	7803393	Cerrado
P23	308556	7805639	308579	7805617	FES médio
P24	309069	7805419	309054	7805442	Cerrado
P25	310602	7804467	310582	7804487	FES médio
P26	311266	7803680	311289	7803661	Cerrado
P27	311231	7802775	311238	7802752	FES médio
P28	310412	7803290	310396	7803315	Cerrado
P29	309928	7801888	309931	7801916	FES médio
P30	310229	7802440	310227	7802418	FES médio
P31	309949	7802808	309932	7802786	Cerradão (FES médio)
P32	309707	7803261	309735	7803253	Cerrado

8.2.1.3 *Área de Influência Direta (AID)*

Além do levantamento da vegetação realizado na ADA, foi realizado também um levantamento florístico e fitossociológico na AID do empreendimento.

A amostragem da composição florística da AID do estudo foi realizada através do Método de Caminhamento (Filgueiras *et. al,* 1994).

Na amostragem fitossociológica da AID foi adotado o método de quadrantes, também chamado pontos-quadrantes, que consiste no estabelecimento de pontos distribuídos no universo amostral. A partir do ponto estabelecido divide-se a área ao redor do mesmo em quatro quadrantes e mede-se a distância do centro do ponto até o indivíduo mais próximo de cada quadrante, além dos atributos de interesse de cada indivíduo (Felfili *et al.,* 2011). É um método prático e rápido de amostragem que permite caracterizar a estrutura da comunidade arbórea.

Ao todo foram amostrados 25 pontos-quadrantes inseridos na AID do estudo. O **Quadro 8.2** informa as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem fitossociológica e a respectiva

fitofisionomia. A localização dos pontos-quadrantes da amostragem fitossociológica da AID é representada na **Figura 8.10**.

Quadro 8.2 – Coordenadas dos pontos-quadrantes amostrados na AID.

Ponto quadrante	Coordenadas UTM Sirgas 2000 - Fuso 23K		Fisionomia
	X	Y	
PQ1	309412	7805488	Cerrado
PQ2	309455	7805996	FES médio
PQ3	310431	7804976	Cerradão
PQ4	310257	7805845	Cerradão
PQ5	309594	7806043	Cerrado
PQ6	309141	7806193	Cerrado
PQ7	312002	7803774	FES médio
PQ8	311115	7802001	Cerrado
PQ9	312308	7802662	Cerrado
PQ10	312707	7803317	Cerradão
PQ11	311463	7804560	FES médio
PQ12	304559	7805556	FES médio
PQ13	302990	7802822	FES médio
PQ14	302939	7801008	Cerrado
PQ15	305398	7800508	Cerradão
PQ16	305932	7800110	Cerradão
PQ17	312183	7802070	FES médio
PQ18	308852	7806546	FES médio
PQ19	306959	7808661	FES médio
PQ20	305726	7806387	Cerradão
PQ21	309049	7801311	Cerradão
PQ22	310150	7801675	FES médio
PQ23	310178	7801486	Cerrado
PQ24	310591	7801983	Cerrado
PQ25	310896	7801827	Cerrado

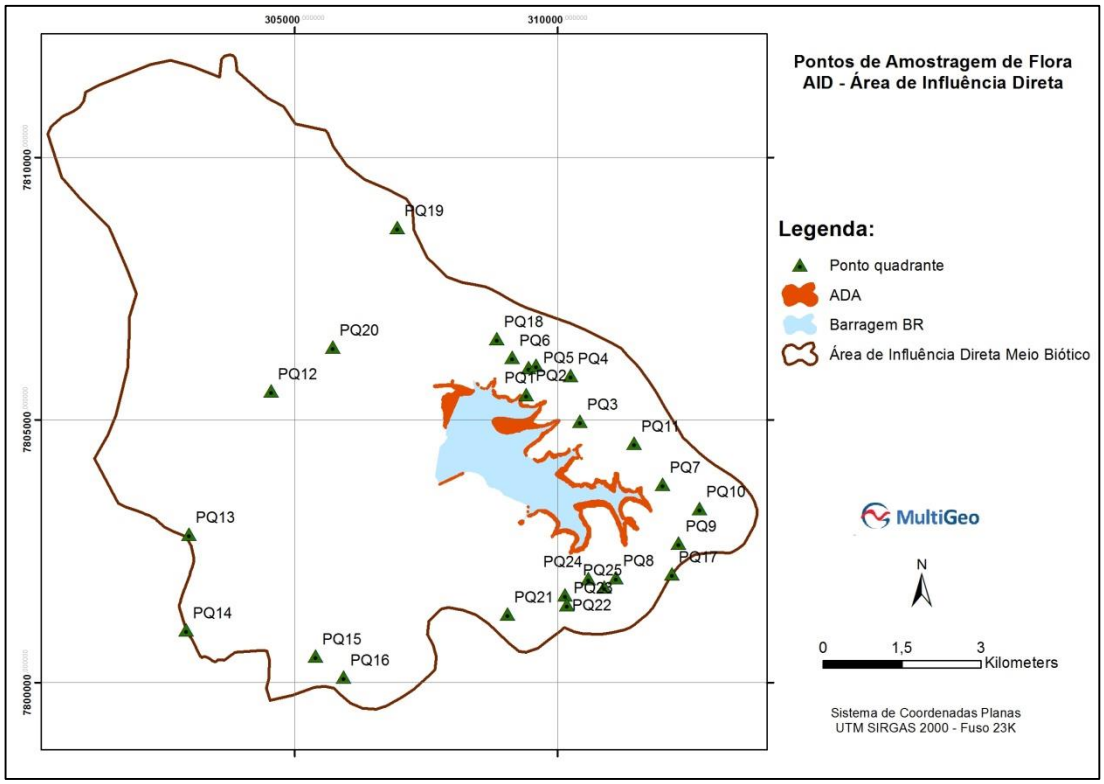


Figura 8.10– Localização dos pontos-quadrantes na AID do empreendimento.

8.2.2 Análise dos Dados

Com os dados coletados nas unidades amostrais foram processadas as estimativas dos parâmetros florísticos e fitossociológicos da estrutura da vegetação. Para tanto foram utilizados os softwares Excel 2007 e Mata Nativa 2.

8.2.2.1 Diversidade

Para avaliar a diversidade das espécies florestais amostradas foram utilizados alguns índices de diversidade, sendo eles: Shannon Weaver (H'), Simpson (C), Pielou (J) e Jentsch (QM).

- **Shannon Weaver (H')**

O índice de diversidade de Shannon Weaver (H') foi calculado para avaliar a riqueza de espécies amostradas, calculado com base no número de indivíduos de cada espécie e no total de indivíduos amostrados. Quanto maior for o valor de H', maior será a diversidade florística da vegetação.

O Índice de Diversidade de Espécies (H') é calculado pelo emprego da expressão:

$$H' = \frac{\left[N \times \ln(N) - \sum_{i=1}^{S} n_i \times \ln(n_i) \right]}{N}$$

em que:

H'= índice de diversidade;

N = número total de indivíduos amostrados;

n_i = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;

S = número de espécies amostradas; e

ln = logaritmo neperiano.

- **Índice de diversidade de Simpson (C)**

O índice de Diversidade de Simpson (C) é calculado pelo emprego da expressão:

$$C = \frac{\left[\sum_{i=1}^{S} n_i(n_i - 1)\right]}{\left[N(N-1)\right]}$$

em que:

n_i = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;

N = número total de indivíduos amostrados;

S = número total de espécies amostradas.

Esse índice varia de 0 (zero) a 1 (um), sendo que os valores próximos de zero refletem uma maior diversidade. Por outro lado, os valores próximos de 1 (um) refletem uma menor diversidade.

- **Índice de Equabilidade de Pielou (J)**

O Índice de Equabilidade de Pielou (J) é calculado pelo emprego da expressão:

$$J = \frac{H'}{H'_{máx}};$$

$$H'_{máx} = ln(S)$$

em que:

H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver;

S = número total de espécies amostradas;

- **Coeficiente de Mistura de Jentsch (QM)**

O "Coeficiente de Mistura de Jentsch" (HOSOKAWA, 1988) dá uma ideia geral da composição florística da floresta e mede a intensidade de mistura das espécies. É calculado pelo emprego da expressão:

$$QM = \frac{\text{nº de espécies (S)}}{\text{nº total de indivíduos (N)}}$$

8.2.2.2 *Estrutura Horizontal*

Para análise da estrutura horizontal foram calculados dados relativos à frequência (F), densidade (D), dominância (Do), índice do valor de importância (IVI) e índice do valor de cobertura (IVC).

A frequência (F) mede a distribuição de cada espécie em termos percentuais sobre a área e informa com que frequência a espécie ocorre nas unidades amostrais. Assim, maiores valores indicam que a espécie está bem distribuída horizontalmente ao longo do povoamento amostrado. Este parâmetro foi calculado pelas seguintes fórmulas:

$$FA_i = \left(\frac{u_i}{u_t}\right) x100 \quad \text{e} \quad FR_i = \left(\frac{FA_i}{\sum_{i=1}^{P} FA_i}\right) x100$$

em que:

FA_i = frequência absoluta da i-ésima espécie na comunidade vegetal;

FR_i = frequência relativa da i-ésima espécie na comunidade vegetal;

u_i = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre;

u_t = número total de unidades amostrais;

P = número de espécies amostradas.

A densidade (D) é o número de indivíduos de cada espécie na composição florística do povoamento e informa sobre a intensidade com que a espécie ocorre, em relação ao número de indivíduos por unidade de área. Maiores valores de densidade indicam a existência de um número maior de indivíduos por hectare da espécie no povoamento amostrado e pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$DA_i = \frac{n_i}{A} \quad \text{e} \quad DR_i = \frac{DA_i}{DT} x100$$

$$DT = \frac{N}{A}$$

em que:

DA_i = densidade absoluta da i-ésima espécie, em número de indivíduos por hectare;

n_i = número de indivíduos da i-ésima espécie na amostragem;

N = número total de indivíduos amostrados;

A = área total amostrada, em hectare;

DR_i = densidade relativa (%) da i-ésima espécie;

DT = densidade total, em número de indivíduos por hectare (soma das densidades de todas as espécies amostradas).

A dominância (Do) é a soma das áreas seccionais dos indivíduos pertencentes a uma mesma espécie, por unidade de área e pode ser entendida como a medida da projeção do corpo da planta no solo. Assim, maiores valores de dominância indicam que a espécie exerce dominância no povoamento amostrado em termos de área basal por hectare e pode ser calculada pelas seguintes fórmulas:

$$DoA_i = \frac{AB_i}{A} \quad \text{e} \quad DoR = \frac{DoA}{DoT} x100$$

$$DoT = \frac{ABT}{A} \quad \text{e} \quad ABT = \sum_{i=1}^{S} AB_i$$

em que:

DoA_i = dominância absoluta da i-ésima espécie, em m^2/ha;

AB_i = área basal da i-ésima espécie, em m^2, na área amostrada;

$AB = \pi * DAP^2 / 4$;

$DAP = CAP / \pi$;

A = área amostrada, em hectare;

DoR_i = dominância relativa (%) da i-ésima espécie;

DoT = dominância total, em m^2/ha (soma das dominâncias de todas as espécies).

O Índice de Valor de Importância (IVI) é o somatório dos parâmetros relativos à frequência, densidade e dominância das espécies amostradas e revela a importância ecológica da espécie em termos de distribuição horizontal. Geralmente as espécies com maior densidade e/ou elevados diâmetros ocupam posições de maior destaque na composição do povoamento florestal. Este parâmetro é calculado pela seguinte fórmula:

$$IVI_i = DR_i + DoR_i + FR_i$$

$$IVI_i(\%) = VI_i / 3$$

O parâmetro do Índice de Valor de Cobertura (IVC) é a soma do valor de densidade e dominância da i-ésima espécie, informando sobre a cobertura relativa e área basal de cada espécie na área amostrada. Portanto, espécies com elevados diâmetros geralmente possuem alto valor de cobertura. Este parâmetro é calculado pela seguinte fórmula:

$$IVC_i = DR_i + DoR_i$$

8.2.2.3 *Análise volumétrica*

Para realização dos cálculos volumétricos da vegetação nativa existente na ADA utilizou-se as fórmulas apresentadas no **Quadro 8.3**, adequadas para as tipologias amostradas.

Quadro 8.3 – Fórmulas utilizadas para cálculos volumétricos da vegetação.

Fitofisionomia/tipologia vegetal	Fórmula Volumétrica Utilizada
Floresta Estacional Semidecidual estágio médio	V = 0,00007423*(DAP^1,707348)*(HT^1,16873)
Cerrado *stricto sensu*	V = 0,000066*(DAP^2,475293)*(HT^0,300022)
Campo Sujo (censo)	V = 0,000088*(DAP^2,25887)*(HT^0,44975)
Pastagem (censo)	V = 0,000099*(DAP^1,830398)*(HT^0,960913)

Onde:

DAP- Diâmetro a altura do peito (cm)

HT – Altura total (m)

8.2.2.4 *Análise estatística*

Apresenta-se no **Quadro 8.4** a seguir as fórmulas utilizadas no processamento dos dados do estudo (SOARES *et al*., 2006).

Quadro 8.4 – Fórmulas utilizadas no processamento dos dados estatísticos.

Média estimada em cada estrato	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$
Média estratificada	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i \bar{x}_i}{N}$
Variância estimada em cada i-ésimo estrato	$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$
Variância estimada da média estratificada	$S_{\bar{x}}^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} \frac{Ni}{N} S_i\right)^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Ni}{N} S^2{}_i}{N}$
Desvio Padrão	$s_x = \pm\sqrt{s_x^2}$
Coeficiente de Variação	$CV\% = \frac{s_x}{\bar{x}} * 100$
Variância da Média	$s_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n}$
Erro Padrão da Média Estimada	$s_{\bar{x}} = \pm\sqrt{s_{\bar{x}}^2}$
Erro de Amostragem	$E\% = \pm\frac{s_{\bar{x}} * t}{\bar{x}} * 100$
Intervalo de Confiança	$IC = \bar{x} \pm s_{\bar{x}} * t$
Estimativa do total do i-ésimo estrato	$\hat{Y} = Ni * \hat{\bar{x}}$
Estimativa do total	$\hat{Y} = N * \hat{\bar{x}}$

Em que: n = número de parcelas, t = estatística "t" de Student, E% = precisão requerida em %, N = número total de unidades de amostra, $\overline{x_i}$ = média da variável amostrada, x_i = variável amostrada, s_x^2 = variância, s_x = Desvio padrão, CV% = coeficiente de variação, $s_{\bar{x}}^2$ = variância da média, $s_{\bar{x}}$ = erro padrão da média, IC = Intervalo de Confiança, $\hat{Y}$ = Estimativa do total da população.

8.2.3 Resultados

8.2.3.1 *Caracterização regional*

A área do presente estudo situa-se no município de Tapira, se insere nos domínios do Bioma Cerrado de acordo com o Mapa de Biomas do Brasil (IBGE, 2004) (**Figura 8.11**). O termo Cerrado designa uma vegetação de fisionomia e flora próprias, classificada dentro dos padrões de vegetação do mundo como savana (EITEN, 1994).

O Cerrado brasileiro está localizado essencialmente no Planalto Central do Brasil compreendendo como área contínua os Estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte dos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Piauí e Rondônia, além de áreas disjuntas ao norte nos Estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas porções do Paraná, abrangendo uma área de aproximadamente 2 milhões de km², o que representa mais de 20% do território nacional (IBGE, 2004). A área central do Cerrado contrasta com quase todos os Biomas formando áreas de tensão ecológica, onde ocorre uma mistura de elementos florísticos entre as formações das regiões adjacentes.

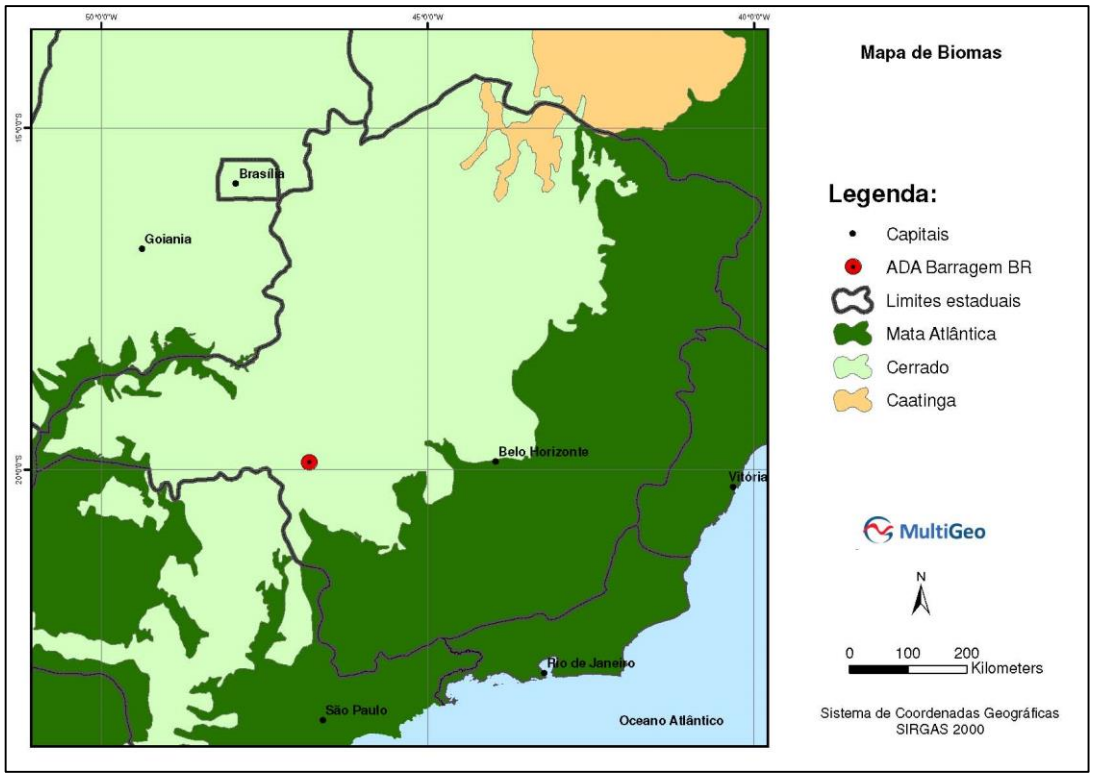


Figura 8.11– Localização do empreendimento em relação aos biomas.

A vegetação do Cerrado, dentro de sua extensa área de domínio, está sujeita às condições ambientais muito diversas. Os principais fatores apontados como determinantes para a predominância das formações com fitofisionomias savânicas que caracterizam este bioma são o clima, os solos e o fogo. As temperaturas médias anuais variam entre 22 °C e 27 °C, e seu clima dominante é o tropical chuvoso (Aw de Köppen), notadamente sazonal e marcado pela

grande quantidade de chuvas anuais (entre 1100 mm e 1600 mm) concentradas principalmente em seis ou sete meses, entre outubro e abril, permanecendo o restante do ano em uma pronunciada estação seca, época em que são comuns os incêndios (ADÁMOLI *et al*., 1987).

A ocorrência periódica de fogo também constitui importante fator ecológico do bioma, mantendo o balanço entre a vegetação gramínea e lenhosa e auxiliando na manutenção da ciclagem de nutrientes e na germinação das espécies vegetais. Assim, o Cerrado apresenta-se como um mosaico de formas fisionômicas determinadas especialmente pelas características dos solos e do fogo (frequência, época, intensidade), sendo suas diferentes formas, portanto, pedoclímaces ou piroclímaces, dependendo de ser o solo ou o fogo seu fator limitante.

Estas características ambientais, como resultado, exigiram das espécies vegetais adaptações compatíveis a tais condições, selecionando aquelas capazes e aptas a suportar as adversidades impostas pelo meio. Sua vegetação, portanto, dispõem de inúmeras estratégias e caracteres morfológicos que permitem sua sobrevivência no ambiente, como brotos foliares bem protegidos, cascas grossas, rugosas e suberosas (corticosas), folhas bem desenvolvidas, pilosas, esclerofilas ou coriáceas, órgãos de reserva subterrâneos e um sistema radicular bastante profundo, além de uma rápida capacidade de regeneração e renovação.

Essa grande variabilidade de *hábitats* suporta uma enorme diversidade de espécies de plantas e animais. Estimativas diversas indicam que o número de plantas vasculares situa-se em torno de 5 mil, ocorrendo mais de 1.600 espécies de mamíferos, aves e répteis já identificados em seus ecossistemas. Entre os invertebrados, os mais notáveis são os térmitas (cupins) e as formigas cortadeiras (saúvas). São eles os principais herbívoros do Cerrado, tendo uma grande importância no consumo e na decomposição da matéria orgânica e constituindo-se em importante fonte alimentar para outras espécies animais. (MYERS *et al.,* 2000).

Segundo Ribeiro e Walter (1998), o bioma Cerrado é um complexo vegetacional composto por três formações vegetais: **campestre**, que engloba áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, mas sem a presença de árvores na paisagem; **savânicas**, inclui áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem a formação de dossel contínuo; e **florestais**, com formação de dossel contínuo ou descontínuo e predomínio de espécies arbóreas.

A flora do Cerrado é característica e diferencia da dos biomas adjacentes, embora muitas fisionomias compartilhem espécies com outros biomas. Além do clima, das características químicas e físicas do solo, da disponibilidade de água e nutrientes e da geomorfologia e altitude, a distribuição da flora está condicionada à latitude, frequência de queimadas, profundidade do lençol freático, pastejo e inúmeros fatores antrópicos, como aberturas de áreas para atividade agropecuária, retirada seletiva de madeira, queimadas, manejo de pastagens etc. (RIBEIRO e WALTER, 1998).

Segundo Carvalho e Scolforo (2008), o Estado de Minas Gerais apresenta 19.655.230 ha ou 33,51% da área total do estado com vegetação nativa, sendo a fisionomia Cerrado sentido restrito a mais representativa do estado, ocupando uma área superior a 5.500.000 ha.

8.2.3.2 *Unidades de Conservação*

De acordo com a Lei 9.985 de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, a unidade de conservação é definida como "*o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção*".

O SNUC divide as unidades em dois grupos, as de Proteção Integral e as de Uso Sustentável. No caso das unidades de Proteção Integral é permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais e engloba as seguintes categorias: Parque, Estação Ecológica, Reserva Biológica, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre.

Nas unidades de Uso Sustentável é permitida a exploração do ambiente de maneira a garantir a sustentabilidade dos recursos naturais e dos processos ecológicos. Neste grupo estão incluídos a Área de Proteção Ambiental - APA, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional - FLONA, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN.

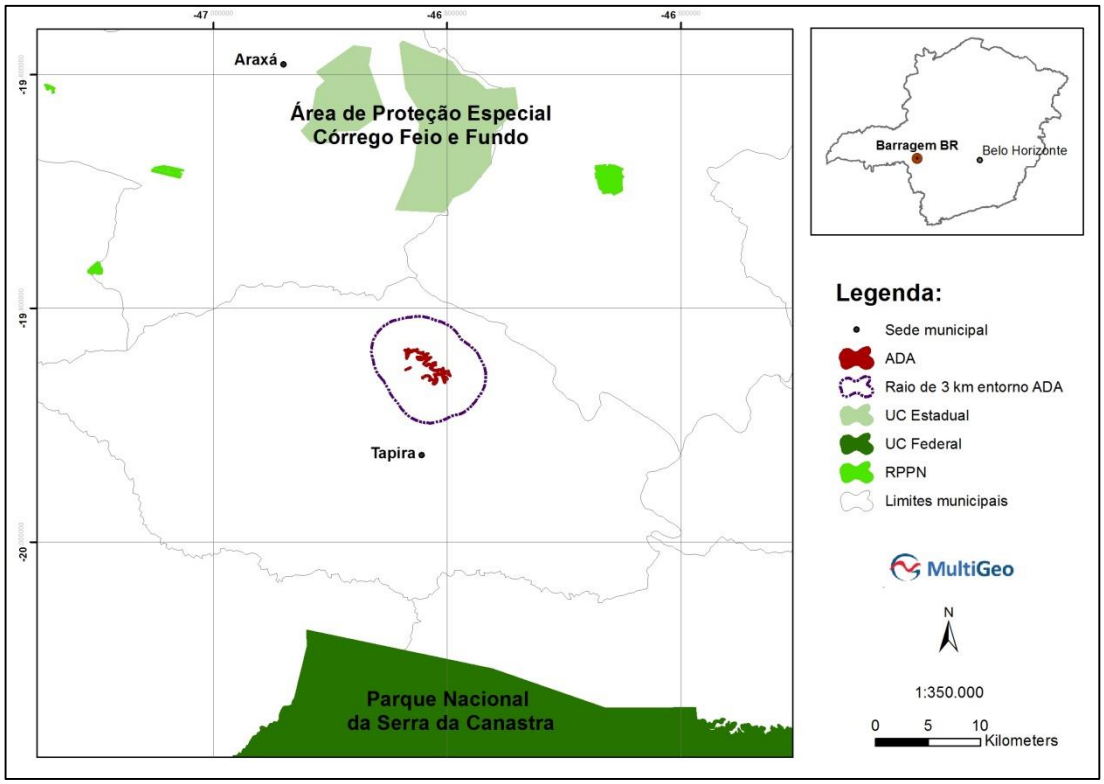
O art. 25 da Lei do SNUC define que as unidades de conservação, exceto Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural, devem possuir zona de amortecimento e, quando conveniente, corredores ecológicos.

Entende-se por zona de amortecimento o entorno de uma Unidade de Conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a Unidade.

Ainda, de acordo com § 3º do art. 36 da lei do SNUC, "*quando o empreendimento afetar Unidade de Conservação específica ou sua zona de amortecimento, o licenciamento a que se refere o caput deste artigo só poderá ser concedido mediante autorização do órgão responsável por sua administração, e a Unidade afetada, mesmo que não pertencente ao Grupo de Proteção Integral, deverá ser uma das beneficiárias da compensação definida neste artigo".*

A instalação do empreendimento não causará nenhuma interferência nas Unidades de Conservação (UCs)existentes na região (**Figura 8.12**).

Conforme dados obtidos cabe ressaltar que os limites definidos para a ADA e AID, de todos os itens do diagnóstico, não se sobrepõem a nenhuma unidade de conservação, seja ela de proteção integral ou de uso sustentável.



Fonte: IDE-SISEMA, fev/2021.

Figura 8.12– Localização do empreendimento em relação às unidades de conservação.

De acordo com os dados levantados cabe ressaltar que os limites definidos para a ADA não se sobrepõem a nenhuma unidade de conservação, seja ela de proteção integral ou de uso sustentável.

8.2.3.3 *Áreas Prioritárias para Conservação*

A análise das Áreas Prioritárias para Conservação é uma ferramenta importante para nortear as medidas mitigadoras e compensatórias a serem adotadas diante dos impactos ambientais causados sobre o meio biótico e foram levantadas com base no documento "Biodiversidade em Minas Gerais: Um Atlas para sua Conservação" e no "Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO".

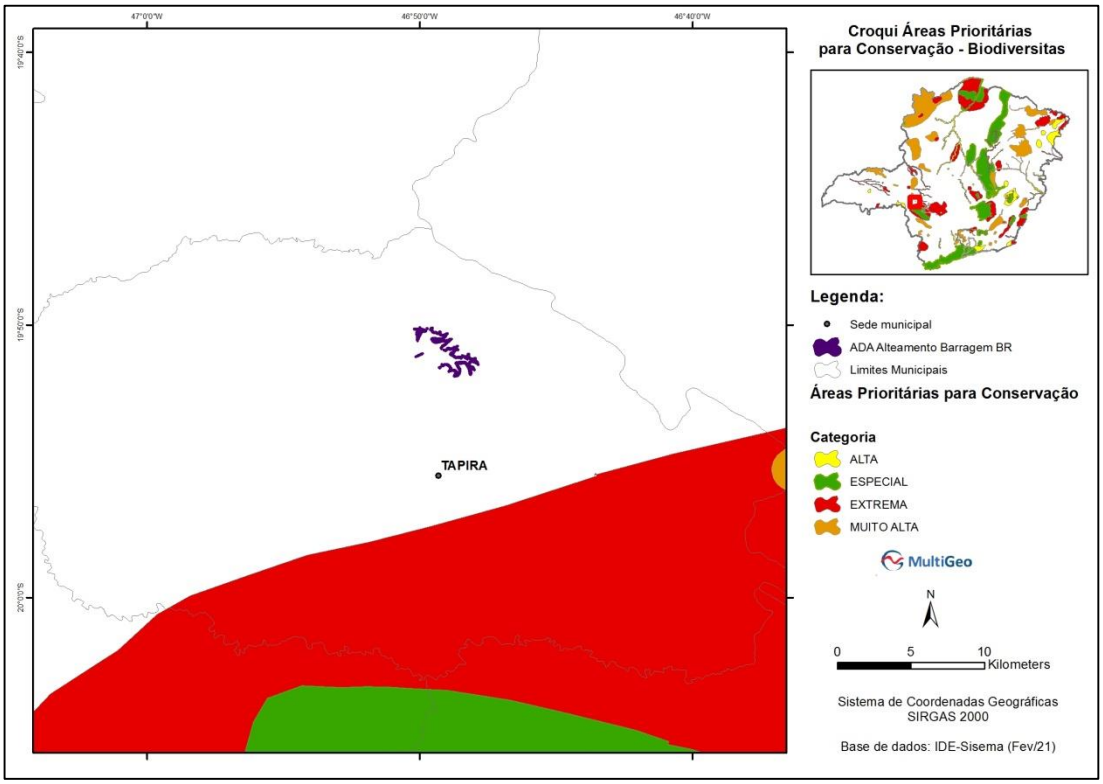
A Deliberação Normativa COPAM nº 55, de 13 de junho de 2002, estabelece normas, diretrizes e critérios para nortear a conservação da Biodiversidade de Minas Gerais, com base no documento "Biodiversidade em Minas Gerais: Um Atlas para sua Conservação". Dessa forma, os estudos técnicos que compõem o licenciamento ambiental em Minas Gerais devem ser norteados pelo referido Atlas, visando estabelecer consonância entre os projetos de infraestrutura e a política estadual de conservação da biodiversidade, de acordo com o contido no artigo 1º da referida DN:

> *Art. 1º - Os estudos ambientais de empreendimentos, obras ou atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, ou daqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, a serem objeto de análise no Licenciamento Ambiental, deverão considerar como instrumento*

norteador das ações compensatórias o documento: "Biodiversidade em Minas Gerais: Um Atlas para sua Conservação", em conformidade com o que estabelece a Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

Neste sentido, buscou-se identificar na área de inserção do empreendimento e no seu entorno, áreas classificadas como de importância biológica para a conservação da biodiversidade no Estado (de acordo com Drummond *et al*., 2005) de forma a identificar impactos potenciais e balizar as medidas mitigadoras.

Em consulta ao IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), a área de implantação do empreendimento não se encontra inserida em áreas prioritárias para conservação (**Figura 8.13**).



Fonte: IDE-SISEMA, fev/2021.

Figura 8.13– Localização do empreendimento em relação às áreas prioritárias para conservação.

8.2.3.4 *Cobertura vegetal - ADA E AID*

As formações vegetais inseridas na região do empreendimento sofreram modificações provocadas pelo desenvolvimento de diferentes tipos de ações antrópicas, especialmente atividades agrícolas, de infraestrutura e de exploração mineral, as quais criaram alterações na paisagem e na estrutura da vegetação.

Na área de influência do empreendimento predominam áreas antropizadas, ocupadas principalmente por atividades agropecuárias, como pecuária de corte e leite e cultivo de culturas anuais e perenes.

De acordo com o Zoneamento Econômico Ecológico de Minas Gerais (ZEE-MG), as formações vegetais nativas inseridas na ADA e AID do empreendimento são classificadas como Floresta Estacional Semidecidual e Campo.

8.2.3.4.1 AID – Área de Influência Direta

Durante os trabalhos de campo na AID - área de influência direta do empreendimento, foi verificada a ocorrência das seguintes tipologias vegetais: formações florestais (Mata de Galeria/Floresta Estacional Semidecidual, Cerradão), formações savânicas (cerrado *stricto sensu* – que inclui cerrado denso, cerrado típico e cerrado ralo), formações savânicas (campo sujo e campo limpo), além de áreas antrópicas (pastagem, cultura agrícola, estradas, benfeitorias, silvicultura), mineração, massas d'água (corpos d'água artificiais).

O mapeamento da cobertura vegetal na AID do empreendimento demonstra que as formações vegetais nativas ocupam 38,1% da área, com predomínio de formações campestres (22,3%), além de formações florestais (11,0%) e formações savânicas (4,8%).

O **Quadro 8.5** a seguir apresenta a quantificação da cobertura vegetal inserida na AID e a **Figura 8.14** apresenta o croqui com a vegetação mapeada na AID.

Quadro 8.5 – Cobertura vegetal na AID do empreendimento.

Tipologia/classe de uso do solo	Área (ha)	%
ADA Barragem BR	225,78	2,5%
Área antropizada	3403,55	37,3%
Formações campestres	2037,81	22,3%
Formações florestais	1001,42	11,0%
Formações savânicas	437,71	4,8%
Massa d'água	1090,64	11,9%
Mineração	933,77	10,2%
Total	**9130,68**	**100%**

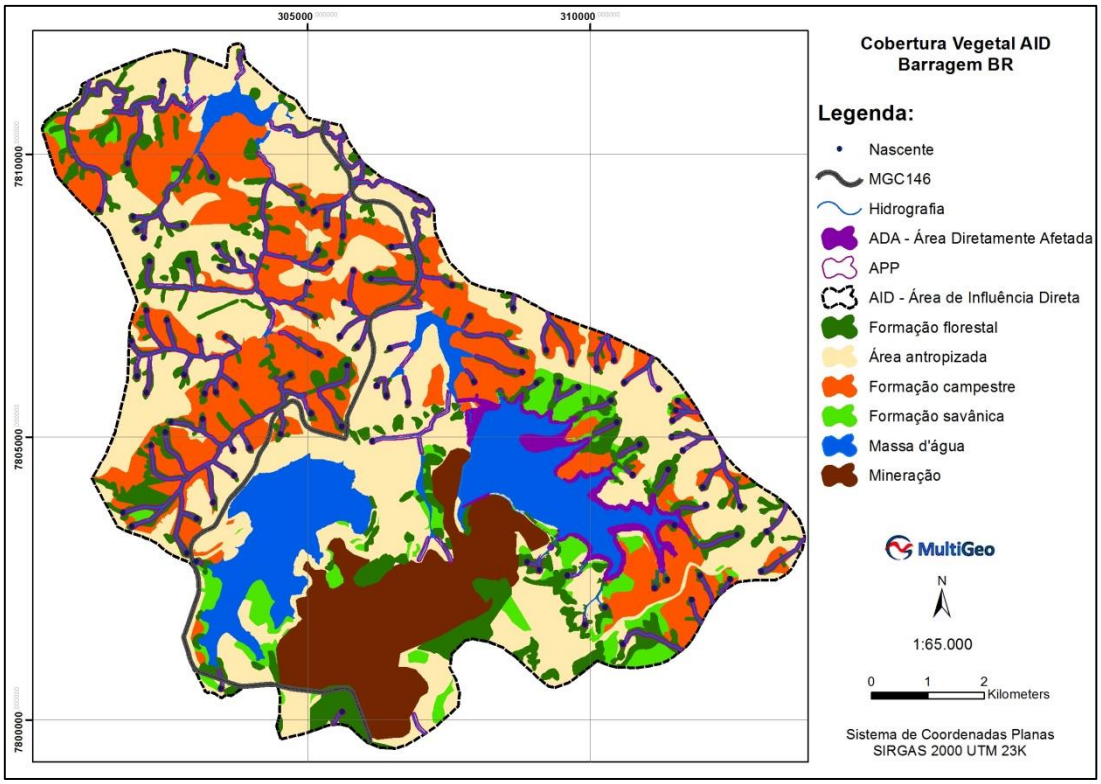


Figura 8.14– Cobertura vegetal na AID do empreendimento.

8.2.3.4.2 ADA - Área Diretamente Afetada

Na ADA – área diretamente afetada do empreendimento a cobertura vegetal foi classificada de acordo com as seguintes tipologias de uso e ocupação do solo: área alagada, barramento, brejo/área úmida, campo limpo, campo sujo, cerrado *stricto sensu*, estrada, Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio de regeneração, pastagem e solo exposto.

A quantificação do uso e ocupação do solo da ADA é apresentada no **Quadro 8.6** a seguir. Neste quadro é apresentada a quantificação da área que se encontra dentro de APP e fora de APP.

Quadro 8.6 – Uso e ocupação do solo na área diretamente afetada do empreendimento.

Tipologia/classe de uso	Em APP (ha)	Fora de APP (ha)	Área (ha)	%
Área alagada	0,0000	0,7689	0,7689	1,0%
Barramento	0,0000	5,2618	5,2618	7,0%
Brejo/área úmida	0,1661	0,0000	0,1661	0,2%
Campo limpo	0,2555	7,3409	7,5964	10,0%
Campo Sujo	0,0073	24,9720	24,9793	33,0%
Cerrado *stricto sensu*	0,0760	7,1968	7,2728	9,6%
Estrada	0,0017	0,6461	0,6478	0,9%
FES estágio médio	3,2860	6,4095	9,6950	12,8%
Pastagem	0,1708	19,0765	19,2473	25,4%
Total	**3,9634**	**71,6720**	**75,6354**	**100%**

O mapa de uso do solo da ADA encontra-se no **Anexo H** deste relatório.

A seguir é apresentada uma caracterização das tipologias vegetais e classes de uso do solo encontradas na área diretamente afetada do empreendimento.

Cabe ressaltar que parte da Reserva Legal do Complexo Minerário de Tapira encontra-se dentro da ADA do empreendimento; logo, em processo posterior será preciso realizar a relocação desta reserva.

8.2.3.4.2.1 Área alagada

A tipologia "área alagada" foi mapeada nos locais com presença de água, representada por canais de drenagem, massas d'água decorrentes de barramento artificial. São locais alagados, com lâmina d'água superficial.



Foto 8.5 –Área alagada mapeada na ADA.

8.2.3.4.2.2 Barramento

A classe de uso "barramento" corresponde à estrutura da barragem em terra construída para implantação da Barragem BR, destinada a conter rejeitos provenientes do processo de beneficiamento de minério.



Foto 8.6 –Barragem existente inserida na ADA.

8.2.3.4.2.3 Brejo/área úmida

A tipologia brejo/área úmida representa os ambientes com solo hidromórfico, que se encontram dominados por espécies adaptadas a ambientes úmidos, como *Typhaangustifolia* (taboa). Apesar de ocorrer algumas espécies nativas nas áreas de brejo, tais ambientes já sofreram descaracterização da cobertura vegetal original.



Foto 8.7 –Área úmida no local do empreendimento.

8.2.3.4.2.4 Campo Limpo

A formação campo limpo é uma tipologia vegetal natural com predomínio de estrato herbáceo, dominado por espécies nativas. Geralmente ocorre nas partes mais elevadas do relevo, ocorrendo variação em detrimento principalmente de condições edáficas e geomorfológicas.

Apesar do predomínio de espécies nativas na fisionomia campo limpo, foi verificada a presença de espécies invasoras em alguns pontos, especialmente *Melinis minutiflora* (capim-gordura), diante da significativa antropização da região de estudo.

Nesses ambientes o rendimento lenhoso é inexpressivo, uma vez que os indivíduos arbóreos, quando existentes, são de pequeno porte em altura e diâmetro.



Foto 8.8 –Campo Limpo na ADA.

8.2.3.4.2.5 Campo Sujo

O campo sujo é um tipo fisionômico exclusivamente arbustivo-herbáceo, com arbustos e subarbustos esparsos cujas plantas são menos desenvolvidas que as árvores do cerrado sentido restrito (RIBEIRO e WALTER, 2005).

Este tipo de vegetação é encontrada em solos rasos, eventualmente com pequenos afloramentos rochosos de pouca extensão (sem caracterizar um campo rupestre), ou ainda em solos profundos e de baixa fertilidade (álicos ou distróficos).

Os campos sujos existentes no local do empreendimento são formações naturais com predomínio de estrato herbáceo-arbustivo, dominado por espécies nativas características do bioma cerrado, com presença de poucas árvores.



Foto 8.9 –Campo Sujo no local de estudo.

8.2.3.4.2.6 Cerrado stricto sensu

O Cerrado caracteriza-se pela presença de árvores de porte baixo e médio, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após queima ou corte. Na época chuvosa as camadas subarbustiva e herbácea tornam-se exuberantes, devido ao seu rápido crescimento (RIBEIRO e WALTER, 2005).

Segundo Ribeiro e Walter (2005) os troncos das plantas lenhosas em geral possuem cascas com cortiça espessa, fendida ou sulcada, e as gemas apicais (responsáveis pelo crescimento dos vegetais) de muitas espécies são protegidas por densa quantidade de pelos. As folhas em geral são rígidas e com consistência de couro. Esses caracteres indicam adaptação a condições de seca (xeromorfismo).

O cerrado *stricto sensu* apresenta subdivisões diante das variações na forma dos agrupamentos e espaçamento entre os indivíduos lenhosos, seguindo um gradiente de densidade decrescente do cerrado denso para o cerrado típico e para o cerrado ralo (RIBEIRO e DIAS, 2007).

A vegetação de cerrado presente no local de estudo apresenta um estrato arbóreo composto por espécies típicas dessa fisionomia, como *Byrsonima verbascifolia, Dalbergia miscolobium, Stryphnodendron adstringens*, ocorrendo variações na densidade de indivíduos arbóreos em virtude das condições edáficas. O estrato arbustivo é bastante evidente, ocorrendo diversas espécies, entre elas *Baccharis dracunculifolia*, *Byrsonima* sp. e *Miconiapericarpa*. O estrato herbáceo é marcante e dominado principalmente por espécies nativas, como *Echinolaenainflexa*, *Baccharistrimera*, além de espécies exóticas, como *Melinisminutiflora*.



Foto 8.10 –Cerrado na área do empreendimento.



Foto 8.11 –Cerrado na ADA.

8.2.3.4.2.7 Estrada

As estradas são as vias de acesso que interligam as propriedades rurais, compondo assim a infraestrutura viária, as quais são vicinais e desprovidas de pavimentação.



Foto 8.12 – Estrada existente na ADA.

8.2.3.4.2.8 Floresta Estacional Semidecidual

Na área de intervenção do empreendimento também foram mapeadas áreas de Floresta Estacional Semidecidual, ocorrendo principalmente nas partes mais baixas do relevo, próximas aos cursos d'água. Esses ambientes também podem ser denominados Matas de Galerias.

A Floresta Estacional Semidecidual ocorre em quase todos os domínios brasileiros, com dossel irregular, entre 15 e 20 metros, com presença de árvores emergentes de até 30 metros, dotadas de copas amplas, ralas e esgalhadas. Os troncos normalmente são perfilhados e com casca grossa, com ramos mais ou menos retorcidos (Ivanauskas & Assis, 2012).

Este tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal, que na zona tropical associa-se com sazonalidade do período seco e chuvoso. Na Floresta Estacional Semidecidual a porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal, e não das espécies que perdem as folhas individualmente, é de 20 a 50%. Próximo aos cursos d'água as espécies arbóreas apresentam um comportamento menos caducifólio e o estrato herbáceo apresenta maior riqueza de espécies de pteridófitas e briófitas (Veloso *et al.* 1991; IBGE, 2012).



Foto 8.13 –Interior de FES na ADA.



Foto 8.14 –FES presente na ADA.

Nos fragmentos de FES amostrados a vegetação apresenta estratificação da vegetação, com presença de dossel e sub-bosque, baixa presença de epífitas, moderada incidência de trepadeiras herbáceas e lenhosas e serapilheira em geral contínua e de média espessura. O diâmetro médio das árvores amostradas nessa fisionomia durante o inventário florestal foi de 12,2 cm e a altura média foi de 8,7 metros.

Entre as espécies comuns encontradas nos fragmentos de FES no local do empreendimento tem-se: *Cabralea canjerana* (canjerana), *Casearia sylvestris* (erva-lagarto), *Cordia sellowiana* (louro), *Cupania vernalis* (camboatá-vermelho), *Dendropanax cuneatus* (maria-mole), *Magnolia ovata* (pinha-do-brejo), *Tapirira guianensis* (pau-pombo), *Vochysia magnifica* (pau-de-vinho).

De acordo com os parâmetros da Resolução CONAMA nº 392/07, os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) presentes na ADA encontram-se em estágio médio de regeneração.

8.2.3.4.2.9 Pastagem

As áreas de pastagens são ambientes antrópicos, alterados para introdução de gramíneas exóticas, recobertos especialmente por *Brachiaria* sp. (braquiária) e utilizados para desenvolvimento da pecuária de animais de grande porte (bovinos/equinos).

Nessa tipologia predominam gramíneas exóticas, não sendo comum a presença de indivíduos arbóreos de grande porte. Porém, em alguns locais é comum a presença de exemplares arbóreos isolados.

Uma vez que em algumas áreas de pastagem existem árvores isoladas, com presença de rendimento lenhoso, foi realizado o inventário 100% para mensuração dos indivíduos arbóreos, diante da baixa quantidade de árvores.



Foto 8.15 –Pastagem na área do empreendimento, sem rendimento lenhoso.



Foto 8.16 –Pastagem com presença de árvores na ADA.

8.2.3.5 *Solo exposto*

A classe de uso solo exposto representa os locais com exposição do solo, o qual não apresenta nenhum tipo de cobertura vegetal.

8.2.4 Resultados dos estudos florístico e fitossociológico

A seguir serão apresentados os resultados dos estudos florístico e fitossociológico realizados na área do empreendimento, para avaliar a composição florística, as espécies ameaçadas de extinção e imunes de corte, a estrutura fitossociológica, a estimativa do volume de madeira e a análise estatística da amostragem do inventário florestal. Ressalta-se que a volumetria de madeira na ADA foi atualizada de acordo com a quantificação do uso do solo do projeto de alteamento atualizado.

8.2.4.1 *Levantamento Florístico ADA/AID*

Durante o levantamento florístico geral realizado na área diretamente afetada (ADA) e área de influência direta (AID) foram identificadas 205 espécies vegetais, pertencentes a 63 famílias botânicas. O **Quadro 8.7** indica a família, o nome científico, nome comum (quando possível), hábito da espécie, fisionomia e local onde foi encontrada.

Quadro 8.7 – Lista florística da área estudada – ADA e AID.

Família	Nome científico	Nome comum	Fisionomia	Hábito	Local
Anacardiaceae	*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.	aroeirinha	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Schinus terebinthifolia Raddi	aroeira-mansa	C	ARB	ADA
	Tapirira guianensis Aubl.	pau-pombo	AA/C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Tapirira obtusa (Benth.) J.D. Mitch	pombeiro	FES	ARB	ADA/AID
Annonaceae	*Annona cacans* Warm.	araticum	FES	ARB	ADA
	Annona sylvatica A.St.-Hil.	araticum-da-mata	FES	ARB	ADA
	Annonaceae	embirinha	FES	ARB	ADA
	Guatteria sellowiana	embira-preta	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Xylopia brasiliensis Spreng	pindaíba	FES	ARB	AID
Apocynaceae	*Aspidosperma parvifolium* A. DC.	guatambu	AA/FES	ARB	ADA/AID
Araceae	*Philodendron* sp.	imbé	FES	HRB	ADA/AID
Araliaceae	*Dendropanax cuneatus* (DC.) Decne. & Planch.	maria-mole	FES	ARB	ADA/AID
	Schefflera macrocarpa (Cham. & Schltdl.) Frodin	mandioqueiro	C/CS	ARB	ADA/AID
Arecaceae	*Euterpe edulis* Mart.	palmito-juçara	FES	ARB	ADA/AID
	Geonoma sp.	aricanga	FES	ABT	ADA/AID
Asteraceae	*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.	macela	CL/CS	HRB	ADA/AID
	Aspilia reflexa (Sch.Bip. Ex Baker) Baker	margarida	CL/CS	HRB	ADA/AID
	Baccharis dracunculifolia DC.	alecrim	AA/C/CS	ABT	ADA/AID
	Baccharis trimera (Less.) DC.	carqueja	CL/CS	HRB	ADA/AID
	*Chaptalia nutans (*L.) Pol.	paraqueda	CS/CL	HRB	ADA/AID
	Eremanthus erythropappus (DC.) Macleish	candeia	C	ARB	ADA
	Gochnatia polymorpha (Less.)	cambará	CRD/C/CS	ARB	ADA/AID
	Piptocarpha macropoda (DC.) Baker	vassourão-preto	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	*Vernonia polyanthes*Less.	assa-peixe	AA	ARB	ADA/AID
	Vernonia sp.	vassourão	FES	ARB	ADA

Família	Nome científico	Nome comum	Fisionomia	Hábito	Local
Bignoniaceae	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC.) Mattos	ipê-roxo	FES	ARB	AID
	Handroanthus serratifolius (Vahl) S.O Grose	ipê-amarelo	AA/FES	ARB	ADA/AID
	Jacaranda macrantha Cham.	caroba	FES	ARB	ADA
	Pyrostegia venusta (Ker Gawl.) Miers	cipó-são-joão	AA/FES	TRP	AID
	Tabebuia aurea (Silva Manso) B.H.	caraíba	C	ARB	ADA/AID
	Tabebuia ochracea (Cham) Standl.	ipê-amarelo-do-cerrado	C	ARB	ADA/AID
	Zeyheria montana	bolsa-de-pastor	C	ABT	ADA/AID
Boraginaceae	*Cordia sellowiana* Cham	louro	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo	AA	ARB	ADA
Bromeliaceae	*Aechmea* sp.	bromélia	FES	HRB	ADA
	Tillandsia sp.	tilandsia	FES/CS	HRB	ADA/AID
Burseraceae	*Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand	amescla	FES	ARB	ADA/AID
Cannabaceae	*Celtis pubescens* Spreng.	grão-de-galo	AA	ARB	ADA/AID
	Trema micrantha (L.) Blume	crindiúva	FES	ARB	ADA
Caryocaraceae	*Caryocar brasiliense* Cambess.	pequi	C	ARB	AID
Celastraceae	*Maytenus* sp.	cafezinho	FES	ARB	ADA
	Plenckia populnea Reissek	marmelo-do-cerrado	C/CRD	ARB	ADA/AID
Chloranthaceae	*Hedyosmum brasiliense* Miq.	chá-de-soldado	FES	ARB	ADA/AID
Clethraceae	*Clethra scabra* Pers.	guaperê	CRD/FES	ARB	ADA/AID
Clusiaceae	*Kielmeyera coriacea* Mart. & Zucc.	pau-santo	AA/C	ARB	ADA/AID
Combretaceae	*Terminalia glabrescens* Mart.	capitão	CRD/FES	ARB	ADA/AID
Convolvulaceae	*Ipomea* sp.	corda-de-viola	AA	TRP	AID
Cunoniaceae	*Lamanonia ternata* Vell.	cangalheiro	FES	ARB	ADA
Cyatheaceae	*Cyathea* sp.	samambaiuçu	FES	ABT	ADA/AID
Cyperaceae	*Rhynchospora consanguinea* (Kunth) Boeck.	capim-estrela	C	HERB	ADA/AID
Ebenaceae	*Diospyrus brasiliensis* Mart. Ex Miq.	caqui-do-mato	AA	ARB	ADA
Erythroxylaceae	*Erythroxylum deciduum*	fruta-de-pomba	CRD/FES	ARB	ADA/AID

Família	Nome científico	Nome comum	Fisionomia	Hábito	Local
	Erythroxylum suberosum	muxiba	C/CS	ARB	ADA/AID
Euphorbiaceae	*Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl.	tapiá	FES	ARB	ADA/AID
	Alchornea triplinervia (Spreng.) Müll. Arg.	tapi	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Croton urucurana Baill.	sangra-d'água	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Maprounea guianensis Aubl.	marmelinho	FES	ARB	ADA
	Micranda elata (Didr.) Arg.	leiteiro-branco	C/FES	ARB	ADA
	Sapium glandulosum (L.) Morong.	leiteiro	C/FES	ARB	ADA/AID
Fabaceae-Caesalpinioideae	*Copaifera langsdorffii* Desf.	copaíba	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Dimorphandra mollis	faveiro	AA	ARB	ADA
	Hymenaea courbaril (Hayne)	jatobá	FES	ARB	ADA
	Senna sp.	pau-cigarra	FES	ARB	ADA
Fabaceae-Cercideae	*Bauhinia forficata* Link	unha-de-boi	FES	ARB	ADA/AID
Fabaceae-Faboideae	*Acosmium subelegans* (Mohlenbr.) Yakovlev	chapadinha	C	ARB	ADA/AID
	Andira sp.	angelim	FES	ARB	ADA
	Andira vermifuga	angelim	C	ARB	ADA/AID
	Bowdichia virgilioides Kunth	sucupira-preta	CRD	ARB	ADA
	Centrolobium tomentosum Guillem. X Benth	araribá	FES	ARB	ADA
	Dalbergia miscolobium Benth.	caviúna-do-cerrado	AA/C/CRD	ARB	ADA/AID
	Erythrina falcata Benth.	mulungu	C	ARB	ADA/AID
	Fabaceae	-	FES	ARB	AID
	Lonchocarpus sp.	guaianã	FES	ARB	ADA
	Machaerium brasiliense Vogel	jacarandá-vermelho	FES	ARB	ADA
	Machaerium hirtum (Vell.) Stellfeld	bico-de-pato	AA/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Machaerium nyctitans (Vell.) Benth.	bico-de-andorinha	AA/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Machaerium opacum Vogel	jacarandá-cascudo	C	ARB	ADA
	Machaerium stipitatum (DC.) Vogel	sapuva	AA	ARB	ADA
	Machaerium villosum Vogel	jacarandá-paulista	CRD/FES	ARB	ADA/AID

Família	Nome científico	Nome comum	Fisionomia	Hábito	Local
	Platycyamus regnellii Benth.	pau-pereira	FES	ARB	ADA
	Platypodium elegans Vogel	jacarandazinho	AA/CRD/FES	ARB	ADA/AID
Fabaceae-Mimosoideae	*Enterolobium gummiferum* (Mart.) J.F.Macbr.	angico-do-cerrado	C	ARB	ADA/AID
	Inga marginata Willd.	ingá-folha-fina	FES	ARB	AID
	Inga sp.	ingá	FES	ARB	ADA
	Leucochloron incuriale (Vell.)	cortiça	AA	ARB	ADA
	Stryphonodendron adstringens (Mart.) Coville	barbatimão	C/CRD	ARB	ADA/AID
Lamiaceae	*Aegiphila lhotskiana* Cham.	tamanqueira	C	ARB	ADA/AID
	Aegiphila sellowiana Cham.	pau-tamanco	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Vitex polygama Cham.	tarumã	C	ARB	ADA
Lauraceae	*Cryptocarya aschersoniana* Mez	canela-fogo	FES	ARB	ADA/AID
	Nectandra oppositifolia Nees	canela-ferrugem	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Ocotea corymbosa (Meisn.) Mez	canela-preta	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Ocotea diospyrifolia (Meisn.) Mez	canela-amarela	FES	ARB	ADA
	Ocotea odorifera (Vell.) Rohwer	canela-sassafrás	FES	ARB	AID
	Ocotea pulchella (Ness) Mez	canelinha	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Ocotea sp.	canela	FES	ARB	ADA/AID
	Ocotea velloziana (Meisn.) Mez	canela-folha-grande	FES	ARB	ADA
	Persea willdenovii Kosterm.	maçaranduba	CRD/FES	ARB	ADA/AID
Lycopodiaceae	*Lycopodiella* sp.	samambaia	FES	HRB	AID
Lythraceae	*Lafoensia pacari A. St.-Hil.*	pacari	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
Magnoliaceae	*Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng.	pinha-do-brejo	FES	ARB	ADA/AID
	Byrsonima coccolobifolia Kunth	murici-rosa	C	ARB	AID
	Byrsonima laxiflora	murici	FES	ARB	ADA
	Byrsonima sp.	murici-rasteiro	C/CS	ABT	ADA/AID
	Byrsonima verbascifolia (L.) Rich	muricizão	CS/C	ARB	ADA/AID
	Heteropterys byrsonimiifolia	murici-macho	C	ARB	ADA

Família	Nome científico	Nome comum	Fisionomia	Hábito	Local
Malvaceae	*Guazuma ulmifolia* Lam.	mutamba	CRD	ARB	ADA/AID
	Luehea divaricata Mart. & Zucc.	açoita-cavalo	FES/CRD	ARB	ADA/AID
	Peltaea edouardii (Hochr.) Krapov. & Cristóbal	-	CL/CS	HRB	ADA/AID
	Pseudobombax grandiflorum (Cav.) A.Robyns	embiruçu	AA	ARB	AID
Melastomataceae	*Miconia pepericarpa* DC.	lingua-de-tamanduá	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Miconia rubiginosa	quaresma-ferrugem	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Miconia sellowiana Naudin	pixirica	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Miconia sp.	quaresma	FES	ARB	ADA
	Tibouchina candolleana (DC.) Cogn.	quaresmeira-roxa	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
Meliaceae	*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.	canjerana	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Cedrela fissilis Vell.	cedro	AA/C/CRD	ARB	ADA/AID
	Guarea kunthiana A. Juss.	marinheiro	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Trichilia pallida Sw.	catiguá-vermelho	FES	ARB	ADA
Monimiaceae	*Mollinedia argyrogyna* Perkins	pau-de-rolha	CRD/FES	ARB	ADA
	Mollinedia widgrenii A.DC.	capixim	FES	ARB	ADA/AID
Moraceae	*Ficus* sp.	mata-pau	C	ARB	ADA
	Maclura tinctoria (L.) D.Don ex Steud.	moreira	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Soraceae bonplandii (Baill.)	folha-de-serra	FES	ARB	ADA/AID
Myrtaceae	*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O.Berg	piúna	C/CRD	ARB	ADA/AID
	Calyptranthes sp.	brasa-viva	FES	ARB	ADA/AID
	Campomanesia guazumifolia (Cambess.) O. Berg	sete-capotes	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Campomanesia sessiliflora (O.Berg) Mattos	gabiroba-verde	AA/C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Campomanesia velutina	gabirobeira	AA/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O.Berg.	gabiroba-miúda	FES	ARB	ADA
	Eugenia dysenterica DC.	cagaita	C	ARB	ADA
	Eugenia sp.	cambuí	FES	ARB	ADA
	Gomidesia lindeniana O. Berg.	pimenteira	CRD/FES	ARB	ADA/AID

Família	Nome científico	Nome comum	Fisionomia	Hábito	Local
	Myrcia bella Cambess.	mercúrio	C	ARB	ADA/AID
	Myrcia sp.	murta	FES	ARB	ADA
	*Myrcia splendens (*Sw.) DC.	folha-miúda	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Myrcia tomentosa (Aubl.) DC.	goiabeira-brava	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Myrtaceae	-	FES	ARB	ADA/AID
	Pisidium guajava L.	goiabeira	AA/C	ARB	ADA/AID
	Psidium sp.	araçá	AA/FES	ARB	ADA
	Siphoneugena densiflora O. Berg.	guamirim	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Syzygium cumini (L.) Skeels	jambolão	C	ARB	ADA
Não identificada	Não identificada 1	NI1	FES	ARB	ADA
	Não identificada 2	NI2	FES	ARB	ADA
	Não identificada 3	NI3	FES	ARB	ADA
	Não identificada 4	NI4	CRD	ARB	ADA
	Não identificada 5	NI5	FES	ARB	ADA
Nyctaginaceae	*Guapira graciliflora* (Schmidt) Lundell	joão-mole	CRD	ARB	ADA
	Guapira noxia	caparrosa	C	ARB	ADA
Orquidaceae	*Oeceoclades maculata*	orquídea	FES	HRB	ADA
Peraceae	*Pera glabrata* (Schott.)	gema-de-ovo	FES	ARB	ADA
Phyllanthaceae	*Hyeronima alchorneoides* Allemão	licurana	FES	ARB	ADA/AID
Piperaceae	*Piper aduncum* L.	jaborandi	ABT	ABT	ADA/AID
Poaceae	*Andropogon bicornis* L.	capim-rabo-de-burro	AA/C/CS	HRB	ADA/AID
	Andropongon leucostachyus Kunth	capim-vassourinha	C/CS/CL	HRB	ADA/AID
	Aristida jubata (Arechav.) Herter	barba-de-bode	CL/CS	HRB	ADA/AID
	Brachiaria sp.	braquiária	AA	HRB	ADA/AID
	Echinolaena inflexa (Poir.) Chase	capim-flechinha	AA/CS	HRB	ADA/AID
	Fimbristylis sp.	capim-navalha	FES	HRB	ADA/AID
	Loudetiopsis chrysothrix (Nees) Conert	brinco-de-princesa	CL/CS	HRB	ADA/AID

Família	Nome científico	Nome comum	Fisionomia	Hábito	Local
	Melinis minutiflora P. Beauv.	capim-gordura	AA/C	HRB	ADA/AID
	Pennisetum sp.	capim-napier	AA	HRB	ADA/AID
Primulaceae	*Myrsine coriacea* (Mart.) Mez	capororoca-vermelha	AA/C/CS/CRD	ARB	ADA/AID
	Myrsine sp.	pororoca	FES	ARB	ADA
	Myrsine umbellata Mart.	capororoca	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
Proteaceae	*Roupala brasiliensis* Klotzsch	carne-de-vaca	C/CRD	ARB	ADA/AID
Pteridaceae	*Pteridium aquilinum* (L.) Kunth.	samambaia	C	HRB	ADA/AID
Rosaceae	*Prunus myrtifolia* (L.) Urb.	pessegueiro-bravo	FES	ARB	ADA/AID
Rubiaceae	*Amaioua guianensis* Aubl.	marmelada	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Bathysa australis (A.St.-Hil) K. Schum	quina-do-mato	FES	ARB	ADA/AID
	Coussarea sp.	bugre-branco	FES	ARB	ADA
	Faramea cyanea	cafezinho	FES	ARB	ADA/AID
	Guettarda viburnoides Cham. & Schltdl	veludo	FES	ARB	ADA/AID
	Psychotria carthagenensis Jacq.	café-do-mato	FES	ABT	ADA/AID
Rutaceae	*Zanthoxylum rhoifolium* Lam.	maminha-de-porca	CRD/FES	ARB	ADA/AID
Salicaceae	*Casearia decandra* Jacq.	espeto-branco	FES	ARB	AID
	Casearia grandiflora	guaçatonga	FES	ARB	ADA
	Casearia lasiophylla Eichler	cambroé	CRD/FES	ARB	ADA
	Casearia sp.	espeto	FES	ARB	ADA
	Casearia sylvestris Sw.	erva-lagarto	AA/C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Xylosma tweediana (Clos) Eichler	espinho-de-judeu	FES	ARB	AID
Santalaceae	*Phoradendron caripense*	erva-de-passarinho	C	HRB	ADA
Sapindaceae	*Cupania vernalis* Cambess.	camboatá-vermelho	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Matayba elaeagnoides Radlk.	camboatá-branco	FES	ARB	ADA/AID
	Serjania sp.	cipó	CRD/FES	TRP	ADA/AID
Sapotaceae	*Chrysophyllum marginatum* (Hook. & Arn.) Radlk.	aguaí	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Pouteria sp.	abiu	FES	ARB	ADA

Família	Nome científico	Nome comum	Fisionomia	Hábito	Local
Simaroubaceae	*Simarouba versicolor* A.St.-Hil	mata-cachorro	CRD	ARB	ADA/AID
Smilacaceae	*Smilax brasiliensis* Spreng.	japecanga	AA	TRP	ADA/AID
Solanaceae	*Solanum lycocarpum* A.St.-Hil.	lobeira	AA/C	ARB	ADA/AID
	Solanum mauritianum Scop.	fumo-bravo	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Solanum viarum Dunal	joá	AA/C	HRB	ADA/AID
Styracaceae	*Styrax camporum* Pohl	benjoeiro	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Styrax ferrugineus Nees & Mart.	benjoeiro-do-cerrado	C	ARB	ADA/AID
Symplocaceae	*Symplocos* sp.	congonha	FES	ARB	ADA
Typhaceae	*Typha angustifolia* L.	taboa	AA	HRB	ADA/AID
Urticaceae	*Cecropia pachystachya* Trécul	embaúba	CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Urera baccifera (L.) Gaudich. Ex Wedd.	urtigão	FES	ABT	ADA
Verbenaceae	*Aloysia virgata* (Ruiz & Pav.) Juss.	lixeira	CRD	ARB	ADA
	Lantana camara L.	camará	AA/C	ABT	ADA/AID
Vochysiaceae	*Callisthene major* Mart.	carvoeira	AA/C/CRD/FES	ARB	ADA/AID
	Qualea jundiahy Warm.	pau-terra-da-mata	CRD	ARB	ADA/AID
	Vochysia magnifica Warm.	pau-de-vinho	FES	ARB	ADA
	Vochysia thyrsoidea Pohl	gomeira	C	ARB	ADA/AID
	Vochysia tucanorum Mart.	pau-tucano	C/CRD/FES	ARB	ADA/AID

Siglas:

C = Cerrado; CRD = Cerradão; CL = Campo Limpo; CS = Campo Sujo; FES = Floresta Estacional Semidecidual; AA = Área Antrópica

ARB = Arbóreo; ABT = Arbustivo; HRB = Herbáceo; TRP = Trepadeira.

ADA = Área Diretamente Afetada; AID = Área de Influência Direta.

As **Fotos 4.17** a **4.22** apresentam algumas das espécies encontradas na área de estudo.



Foto 8.17 - Espécie arbórea *Platypodium elegans* (jacarandazinho).



Foto 8.18 - Espécie arbórea *Kielmeyera coriacea* (pau-santo).



Foto 8.19 - Espécie arbórea *Myrsine coriacea* (capororoca-vermelha).



Foto 8.20 – Trepadeira *Smilax brasiliensis* (japecanga).



Foto 8.21 - Espécie herbácea *Achyrocline satureioides* (macela).



Foto 8.22 – Epífita *Tillandsia* sp.

8.2.4.1.1 Espécies Ameaçadas de Extinção, Imunes de Corte e de Interesse Econômico – ADA e AID

Para verificação de espécies ameaçadas de extinção foi consultada a Portaria do MMA nº 443 de 17 de Dezembro de 2014, que apresenta a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção.

Também foi considerada Lei Estadual nº 20.308, de 27 de julho de 2012, que declara espécies imunes de corte no Estado de Minas Gerais.

De acordo com a Portaria MMA nº 443/14, as espécies identificadas na área de estudo e que se encontram na lista de flora ameaçadas de extinção são: *Ocotea odorifera* (canela-sassafrás) enquadrada na classe "Em Perigo", *Cedrela fissilis* (cedro) e *Euterpe edulis* (palmito-juçara) enquadrada na classe "Vulnerável".

As espécies *Caryocar brasiliense* (pequi), *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo), *Tabebuia ochracea* (ipê-amarelo-do-cerrado) e *Tabebuia aurea* (caraíba) encontradas na área de estudo são declaradas de preservação permanente, de interesse comum e imune ao corte no Estado de Minas Gerais.

Ressalta-se que as espécies *Caryocar brasiliense* e *Ocotea odorifera* foram encontradas somente na AID – área de influência direta, enquanto as espécies *Cedrela fissilis*, *Euterpe edulis*, *Handroanthus serratifolius, Tabebuia ochracea* e *Tabebuia aurea* foram encontradas tanto na ADA quanto na AID.

8.2.4.2 *Levantamento Fitossociológico - AID*

O levantamento fitossociológico foi realizado tanto na AID quanto na ADA do empreendimento, com metodologias e esforços amostrais distintos, uma vez que na ADA foi realizado um estudo mais amplo e detalhado, conforme será apresentado no item a seguir "*Inventário Florestal – ADA*".

Os dados da estrutura da vegetação inserida na AID foram obtidos ao longo de 25 pontos quadrantes, sendo mensurados 100 indivíduos arbóreos, distribuídos entre 50 espécies e 30 famílias.

A estrutura horizontal da vegetação amostrada na AID é apresentada no **Quadro 8.8**.

Quadro 8.8 – Estrutura horizontal da vegetação amostrada na AID.

Nome Científico	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI	VI (%)
Callisthene major	0,215	83,73	7	20	6,02	2,57	13,9	10,4	26,88	8,96
Tapirira obtusa	0,138	71,77	6	16	4,82	1,65	8,86	7,43	19,68	6,56
morta	0,111	47,84	4	16	4,82	1,33	7,17	5,58	15,99	5,33
Blepharocalyx salicifolius	0,061	83,73	7	12	3,61	0,73	3,92	5,46	14,54	4,84
Bauhinia forficata	0,122	47,84	4	4	1,20	1,46	7,88	5,94	13,08	4,36
Dalbergia miscolobium	0,057	47,84	4	16	4,82	0,68	3,64	3,82	12,46	4,15
Stryphonodendron adstringens	0,067	47,84	4	12	3,61	0,80	4,30	4,15	11,91	3,97
Myrcia splendens	0,053	35,88	3	12	3,61	0,64	3,44	3,22	10,05	3,35
Guatteria sellowiana	0,050	35,88	3	12	3,61	0,60	3,25	3,12	9,86	3,29
Ocotea corymbosa	0,076	23,92	2	8	2,41	0,91	4,91	3,46	9,32	3,11
Protium heptaphyllum	0,076	23,92	2	8	2,41	0,91	4,89	3,44	9,30	3,10
Vochysia tucanorum	0,037	35,88	3	12	3,61	0,44	2,37	2,68	8,98	2,99

Nome Científico	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI	VI (%)
Copaifera langsdorffii	0,081	11,96	1	4	1,20	0,97	5,23	3,11	7,43	2,48
Kielmeyera coriacea	0,030	35,88	3	8	2,41	0,36	1,95	2,48	7,36	2,45
Tibouchina candolleana	0,043	23,92	2	8	2,41	0,52	2,78	2,39	7,19	2,40
Aegiphila lhotskiana	0,032	23,92	2	8	2,41	0,38	2,03	2,02	6,44	2,15
Casearia sylvestris	0,015	35,88	3	8	2,41	0,18	0,98	1,99	6,39	2,13
Nectandra oppositifolia	0,017	23,92	2	8	2,41	0,20	1,07	1,54	5,48	1,83
Myrcia bella	0,014	23,92	2	8	2,41	0,17	0,91	1,45	5,32	1,77
Machaerium villosum	0,046	11,96	1	4	1,20	0,55	2,96	1,98	5,17	1,72
Campomanesia guazumifolia	0,008	23,92	2	8	2,41	0,09	0,50	1,25	4,91	1,64
Myrcia tomentosa	0,006	23,92	2	8	2,41	0,07	0,36	1,18	4,77	1,59
Styrax ferrugineus	0,024	23,92	2	4	1,20	0,28	1,52	1,76	4,72	1,57
Gochnatia polymorpha	0,026	11,96	1	4	1,20	0,31	1,66	1,33	3,87	1,29
Piptocarpha macropoda	0,009	23,92	2	4	1,20	0,11	0,58	1,29	3,78	1,26
Roupala brasiliensis	0,006	23,92	2	4	1,20	0,07	0,36	1,18	3,56	1,19
Alchornea glandulosa	0,020	11,96	1	4	1,20	0,24	1,28	1,14	3,49	1,16
Dendropanax cuneatus	0,014	11,96	1	4	1,20	0,17	0,90	0,95	3,11	1,04
Xylopia brasiliensis	0,013	11,96	1	4	1,20	0,15	0,82	0,91	3,03	1,01
Tapirira guianensis	0,012	11,96	1	4	1,20	0,15	0,78	0,89	2,98	0,99
Styrax camporum	0,008	11,96	1	4	1,20	0,09	0,49	0,75	2,70	0,90
Ocotea sp.	0,007	11,96	1	4	1,20	0,09	0,46	0,73	2,67	0,89
Magnolia ovata	0,005	11,96	1	4	1,20	0,06	0,35	0,67	2,55	0,85
Campomanesia velutina	0,005	11,96	1	4	1,20	0,06	0,32	0,66	2,53	0,84
Miconia sellowiana	0,004	11,96	1	4	1,20	0,05	0,27	0,64	2,48	0,83
Cabralea canjerana	0,004	11,96	1	4	1,20	0,05	0,27	0,64	2,48	0,83
Lafoensia pacari	0,004	11,96	1	4	1,20	0,05	0,27	0,64	2,48	0,83
Fabaceae	0,005	11,96	1	4	1,20	0,06	0,30	0,65	2,50	0,83
Zanthoxylum rhoifolium	0,004	11,96	1	4	1,20	0,05	0,25	0,62	2,45	0,82
Acosmium subelegans	0,004	11,96	1	4	1,20	0,04	0,23	0,61	2,43	0,81
Simarouba versicolor	0,003	11,96	1	4	1,20	0,03	0,18	0,59	2,39	0,80
Myrtaceae	0,003	11,96	1	4	1,20	0,04	0,20	0,60	2,41	0,80
Erythroxylum deciduum	0,003	11,96	1	4	1,20	0,04	0,20	0,60	2,41	0,80
Machaerium hirtum	0,003	11,96	1	4	1,20	0,04	0,20	0,60	2,41	0,80
Myrcia sp.	0,003	11,96	1	4	1,20	0,03	0,17	0,58	2,37	0,79
Soraceae bonplandii	0,003	11,96	1	4	1,20	0,03	0,17	0,58	2,37	0,79
Amaioua guianensis	0,002	11,96	1	4	1,20	0,02	0,13	0,57	2,34	0,78
Miconia rubiginosa	0,002	11,96	1	4	1,20	0,02	0,13	0,57	2,34	0,78
Cupania vernalis	0,002	11,96	1	4	1,20	0,02	0,13	0,57	2,34	0,78
Myrsine umbellata	0,002	11,96	1	4	1,20	0,02	0,13	0,57	2,34	0,78
Total	**1,553**	**1196**	**100**	**332**	**100**	**18,6**	**100**	**100**	**300**	**100**

Siglas: N (nº indivíduos); U (unidade amostral); AB (área basal – m²); DA (densidade absoluta); DR (densidade relativa); FA (frequência absoluta); FR (frequência relativa); DoA (dominância absoluta); DoR (dominância relativa); VC (valor de cobertura); VI (valor de importância).

De acordo com a amostragem realizada na AID as espécies de maior importância foram: *Callisthene major*, *Tapirira obtusa*, árvores mortas, *Blepharocalyx salicifolius*, *Bauhinia forficata*, *Dalbergiamis colobium*, *Stryphonodendron adstringens*, *Myrcia splendens*, *Guatteria sellowiana* e *Ocotea corymbosa*, respectivamente.

Os dados obtidos no inventário florestal realizado na ADA são apresentados a seguir.

8.2.4.3 *Inventário florestal- ADA*

Durante o levantamento fitossociológico (inventário florestal) realizado na ADA foram mensurados 1.202 indivíduos inseridos nas 32 unidades amostrais (parcelas) demarcadas, além de 338 indivíduos amostrados no censo florestal (inventário 100%) realizado nas tipologias campo sujo e pastagem.

No total da amostragem (parcelas + censo) foram mensurados 1.540 indivíduos arbóreos, distribuídos entre 156 espécies e 48 famílias botânicas.

O **Quadro 8.9** apresenta a lista florística das espécies arbóreas amostradas exclusivamente no inventário florestal.

Quadro 8.9 – Lista florística das espécies arbóreas amostradas no inventário florestal.

Família	Nome científico	Nome comum
Anacardiaceae	*Lithraea molleoides*	aroeirinha
	Schinus terebinthifolia	aroeira-mansa
	Tapirira guianensis	pau-pombo
	Tapirira obtusa	pombeiro
Annonaceae	*Annona cacans*	araticum
	Annona sylvatica	araticum-da-mata
	Annonaceae	embirinha
	Guatteria sellowiana	embira-preta
Apocynaceae	*Aspidosperma parvifolium*	guatambu
Araliaceae	*Dendropanax cuneatus*	maria-mole
	Schefflera macrocarpa	mandioqueiro
Arecaceae	*Euterpe edulis*	palmito-juçara
Asteraceae	*Eremanthus erythropappus*	candeia
	Gochnatia polymorpha	cambará
	Piptocarpha macropoda	vassourão-preto
	Vernonia polyanthes	assa-peixe
	Vernonia sp.	vassourão
Bignoniaceae	*Handroanthus serratifolius*	ipê-amarelo
	Jacaranda macrantha	caroba
	Tabebuia aurea	caraíba
	Tabebuia ochracea	ipê-amarelo-do-cerrado
Boraginaceae	*Cordia sellowiana*	louro
	Cordia trichotoma	louro-pardo
Burseraceae	*Protium heptaphyllum*	amescla
Cannabaceae	*Celtis pubescens*	grão-de-galo
	Trema micrantha	crindiúva
Celastraceae	*Maytenus* sp.	cafezinho
	Plenckia populnea	marmelo-do-cerrado
Chloranthaceae	*Hedyosmum brasiliense*	chá-de-soldado
Clethraceae	*Clethra scabra*	guaperê
Clusiaceae	*Kielmeyera coriacea*	pau-santo

Família	Nome científico	Nome comum
Combretaceae	*Terminalia glabrescens*	capitão
Cunoniaceae	*Lamanonia ternata*	cangalheiro
Ebenaceae	*Diospyrus brasiliensis*	caqui-do-mato
Erythroxylaceae	*Erythroxylum deciduum*	fruta-de-pomba
	Erythroxylum suberosum	muxiba
Euphorbiaceae	*Alchornea glandulosa*	tapiá
	Alchornea triplinervia	tapi
	Croton urucurana	sangra-d'água
	Maprounea guianensis	marmelinho
	Micranda elata	leiteiro-branco
	Sapium glandulosum	leiteiro
Fabaceae-Caesalpinioideae	*Copaifera langsdorffii*	copaíba
	Dimorphandra mollis	faveiro
	Hymenaea courbaril	jatobá
	Senna sp.	pau-cigarra
Fabaceae-Cercideae	*Bauhinia forficata*	unha-de-boi
Fabaceae-Faboideae	*Acosmium subelegans*	chapadinha
	Andira sp.	angelim
	Bowdichia virgilioides	sucupira-preta
	Centrolobium tomentosum	araribá
	Dalbergia miscolobium	caviúna-do-cerrado
	Erythrina falcata	mulungu
	Lonchocarpus sp.	guaianã
	Machaerium brasiliense	jacarandá-vermelho
	Machaerium hirtum	bico-de-pato
	Machaerium nyctitans	bico-de-andorinha
	Machaerium opacum	jacarandá-cascudo
	Machaerium stipitatum	sapuva
	Machaerium villosum	jacarandá-paulista
	Platycyamus regnellii	pau-pereira
	Platypodium elegans	jacarandazinho
Fabaceae-Mimosoideae	*Enterolobium gummiferum*	angico-do-cerrado
	Inga sp.	ingá
	Leucochloron incuriale	cortiça
	Stryphonodendron adstringens	barbatimão
Lamiaceae	*Aegiphila lhotskiana*	tamanqueira
	Aegiphila sellowiana	pau-tamanco
	Vitex polygama	tarumã
Lauraceae	*Cryptocarya aschersoniana*	canela-fogo
	Nectandra oppositifolia	canela-ferrugem
	Ocotea corymbosa	canela-preta
	Ocotea diospyrifolia	canela-amarela
	Ocotea pulchella	canelinha

Família	Nome científico	Nome comum
	Ocotea sp.	canela
	Ocotea velloziana	canela-folha-grande
	Persea willdenovii	maçaranduba
Lythraceae	*Lafoensia pacari*	pacari
Magnoliaceae	*Magnolia ovata*	pinha-do-brejo
Malpighiaceae	*Byrsonima laxiflora*	murici
	Byrsonima verbascifolia	muricizão
Malvaceae	*Guazuma ulmifolia*	mutamba
	Luehea divaricata	açoita-cavalo
Melastomataceae	*Miconia pepericarpa*	lingua-de-tamanduá
	Miconia rubiginosa	quaresma-ferrugem
	Miconia sellowiana	pixirica
	Miconia sp.	quaresma
	Tibouchina candolleana	quaresmeira-roxa
Meliaceae	*Cabralea canjerana*	canjerana
	Cedrela fissilis	cedro
	Guarea kunthiana	marinheiro
	Trichilia pallida	catiguá-vermelho
Monimiaceae	*Mollinedia argyrogyna*	pau-de-rolha
	Mollinedia widgrenii	capixim
Moraceae	*Ficus* sp.	mata-pau
	Maclura tinctoria	moreira
	Soraceae bonplandii	folha-de-serra
Myrtaceae	*Blepharocalyx salicifolius*	piúna
	Calyptranthes sp.	brasa-viva
	Campomanesia guazumifolia	sete-capotes
	Campomanesia sessiliflora	gabiroba-verde
	Campomanesia velutina	gabirobeira
	Campomanesia xanthocarpa	gabiroba-miúda
	Eugenia dysenterica	cagaita
	Eugenia sp.	cambuí
	Gomidesia lindeniana	pimenteira
	Myrcia bella	mercúrio
	Myrcia sp.	murta
	Myrcia splendens	folha-miúda
	Myrcia tomentosa	goiabeira-brava
	Myrtaceae	-
	Pisidium guajava	goiabeira
	Psidium sp.	araçá
	Siphoneugena densiflora	guamirim
	Syzygium cumini	jambolão
Não identificada	Não identificada 1	NI1
	Não identificada 2	NI2

Família	Nome científico	Nome comum
	Não identificada 3	NI3
	Não identificada 4	NI4
	Não identificada 5	NI5
Nyctaginaceae	*Guapira graciliflora*	joão-mole
	Guapira noxia	caparrosa
Peraceae	*Pera glabrata*	gema-de-ovo
Phyllanthaceae	*Hyeronima alchorneoides*	licurana
Primulaceae	*Myrsine coriacea*	capororoca-vermelha
	Myrsine sp.	pororoca
	Myrsine umbellata	capororoca
Rosaceae	*Prunus myrtifolia*	pessegueiro-bravo
Rubiaceae	*Amaioua guianensis*	marmelada
	Bathysa australis	quina-do-mato
	Coussarea sp.	bugre-branco
	Faramea cyanea	cafezinho
	Guettarda viburnoides	veludo
Rutaceae	*Zanthoxylum rhoifolium*	maminha-de-porca
Salicaceae	*Casearia grandiflora*	guaçatonga
	Casearia lasiophylla	cambroé
	Casearia sp.	espeto
	Casearia sylvestris	erva-lagarto
Sapindaceae	*Cupania vernalis*	camboatá-vermelho
	Matayba elaeagnoides	camboatá-branco
Sapotaceae	*Chrysophyllum marginatum*	aguaí
	Pouteria sp.	abiu
Simaroubaceae	*Simarouba versicolor*	mata-cachorro
Solanaceae	*Solanum lycocarpum*	lobeira
	Solanum mauritianum	fumo-bravo
Styracaceae	*Styrax camporum*	benjoeiro
	Styrax ferrugineus	benjoeiro-do-cerrado
Symplocaceae	*Symplocos* sp.	congonha
Urticaceae	*Cecropia pachystachya*	embaúba
	Urera baccifera	urtigão
Verbenaceae	*Aloysia virgata*	lixeira
Vochysiaceae	*Callisthene major*	carvoeira
	Qualea jundiahy	pau-terra-da-mata
	Vochysia magnifica	pau-de-vinho
	Vochysia thyrsoidea	gomeira
	Vochysia tucanorum	pau-tucano

De acordo com a florística de famílias, a Myrtaceae obteve maior destaque no número de indivíduos amostrados no estudo, com 266 indivíduos (17,27% da população total), seguida

por Fabaceae (subfamílias Caesalpinioideae, Faboideae e Mimosoideae) com 235 (15,26%), Vochysiaceae com 151 (9,81%) e Anacardiaceae com 119 (7,73%).

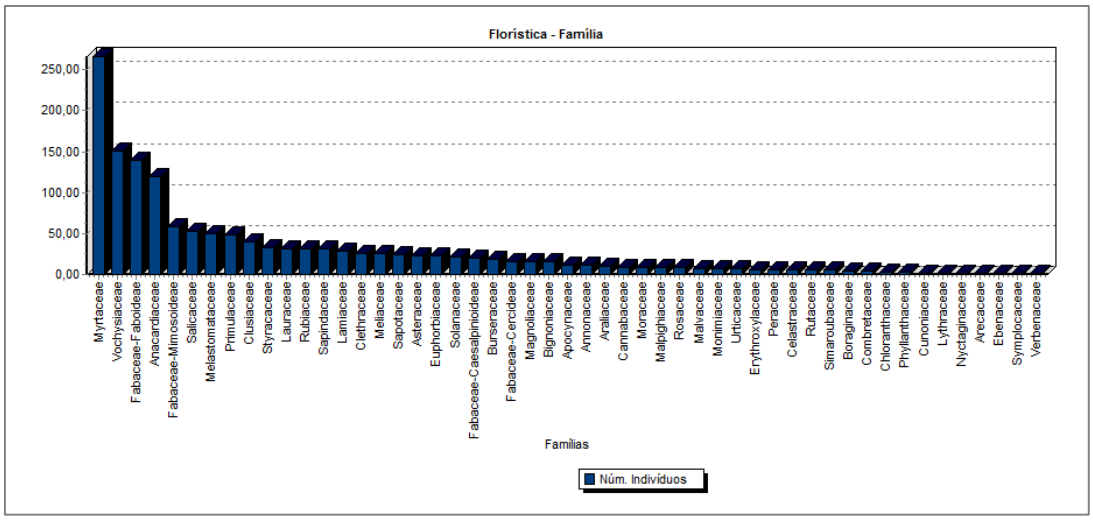


Figura 8.15 – Gráfico de número de indivíduos amostrados no inventário florestal de acordo com a família.

A Myrtaceae é uma das principais famílias da flora brasileira, comum na maioria das formações vegetais. No Brasil é representada por 22 gêneros e aproximadamente 1.000 espécies.

A amostragem realizada nas unidades amostrais (parcelas) apresentou uma elevada diversidade de espécies, conforme Índice de Shannon-Weaver (*H'*) que resultou em um valor geral igual a 4,21 (quadro abaixo). A parcela 23 apresentou o maior valor de diversidade. Tal diversidade foi favorecida pela amostragem de diferentes fitofisionomias que ocorrem no local de estudo.

Quadro 8.10 – Índices de diversidade da população amostrada no inventário florestal.

Parcela	N	S	ln(S)	H'	C	J	QM
1	53	25	3,22	2,67	0,90	0,83	1 : 2,12
2	33	16	2,77	2,55	0,93	0,92	1 : 2,06
3	45	16	2,77	2,33	0,87	0,84	1 : 2,81
4	14	13	2,56	2,54	0,99	0,99	1 : 1,08
5	39	19	2,94	2,67	0,93	0,91	1 : 2,05
6	29	5	1,61	0,83	0,42	0,52	1 : 5,80
7	31	19	2,94	2,86	0,97	0,97	1 : 1,63
8	41	18	2,89	2,66	0,94	0,92	1 : 2,28
9	29	17	2,83	2,68	0,95	0,95	1 : 1,71
10	70	26	3,26	2,98	0,95	0,91	1 : 2,69
11	44	21	3,04	2,81	0,95	0,92	1 : 2,10
12	41	21	3,04	2,78	0,95	0,91	1 : 1,95
13	38	20	3,00	2,73	0,94	0,91	1 : 1,90
14	44	23	3,14	2,85	0,94	0,91	1 : 1,91
15	43	23	3,14	2,93	0,96	0,93	1 : 1,87
16	9	4	1,39	1,21	0,75	0,87	1 : 2,25
17	26	5	1,61	1,23	0,67	0,76	1 : 5,20
18	31	17	2,83	2,57	0,92	0,91	1 : 1,82

Parcela	N	S	ln(S)	H'	C	J	QM
19	75	9	2,20	0,81	0,32	0,37	1 : 8,33
20	28	8	2,08	1,87	0,85	0,90	1 : 3,50
21	37	16	2,77	2,56	0,93	0,92	1 : 2,31
22	39	14	2,64	2,27	0,89	0,86	1 : 2,79
23	55	28	3,33	3,09	0,96	0,93	1 : 1,96
24	10	8	2,08	1,97	0,93	0,95	1 : 1,25
25	86	29	3,37	2,94	0,93	0,87	1 : 2,97
26	25	8	2,08	1,52	0,68	0,73	1 : 3,13
27	45	19	2,94	2,65	0,93	0,90	1 : 2,37
28	25	9	2,20	1,55	0,68	0,70	1 : 2,78
29	24	9	2,20	1,86	0,84	0,85	1 : 2,67
30	40	18	2,89	2,60	0,92	0,90	1 : 2,22
31	39	14	2,64	2,19	0,87	0,83	1 : 2,79
32	14	5	1,61	1,49	0,81	0,93	1 : 2,80
Geral	**1202**	**140**	**4,94**	**4,21**	**0,99**	**0,85**	**1 : 8,59**

A **Figura 8.16** apresenta a curva coletora de acordo com o acréscimo de novas espécies ao longo da amostragem realizada. Observa-se que a curva apresentou tendência à estabilização após a 19ª parcela, ponto em que o número de espécies acrescidas na parcela seguinte não aumentou. Mesmo com acréscimo de novas espécies após a 20ª parcela, pode-se concluir que a amostragem abrangeu um elevado número de espécies e foi considerada satisfatória, considerando também que o estudo foi complementado pela amostragem florística realizada por caminhamentos, o que proporcionou uma ampliação da lista florística do local avaliado.

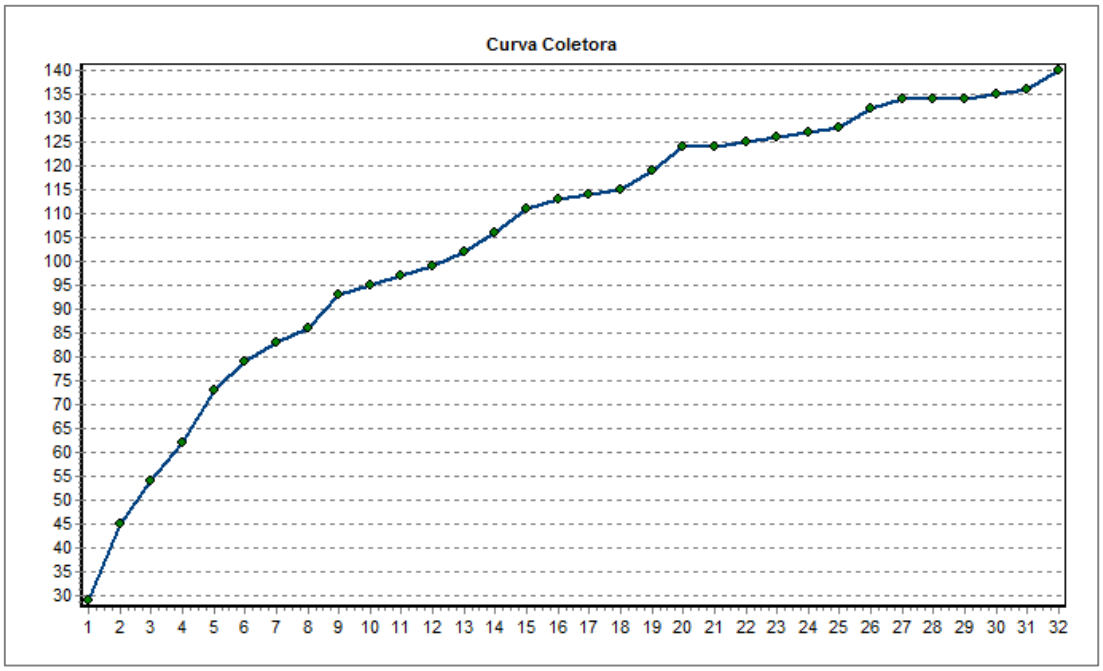


Figura 8.16– Representação da curva coletora da população amostrada na ADA.

As planilhas de campo do inventário florestal (parcelas) encontram-se no **Anexo I** deste relatório.

Os dados fitossociológicos obtidos durante a execução do inventário florestal serão apresentados de acordo com as fisionomias amostradas (estratos – FES estágio médio,

Cerrado, Campo Sujo, Pastagem), para melhor detalhamento e caracterização das formações vegetais amostradas.

8.2.4.3.1 Floresta Estacional Semidecidual estágio médio

Para amostragem das áreas classificadas como Floresta Estacional Semidecidual (FES) em estágio médio de regeneração, foram demarcadas 21 parcelas, sendo amostradas 954 árvores, distribuídas entre 115 espécies.

Os dados fitossociológicos obtidos na fisionomia FES médio revelam que as espécies com maior IVI (Índice de Valor de Importância) foram: *Callisthene major,* árvores mortas, *Tapirira obtusa*, *Machaerium villosum* e *Campomanesia velutina,* respectivamente.

A estrutura horizontal da fisionomia FES médio amostrada pode ser visualizada no **Quadro 8.11** e na **Figura 8.17**.

Quadro 8.11 – Estrutura horizontal da fisionomia FES médio amostrada.

Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VI	VI (%)
Callisthene major	113	11	2,0108	179,4	11,8	52,4	2,77	3,19	12,4	24,3	27,1	9,02
morta	69	18	1,0384	109,5	7,2	85,7	4,53	1,65	6,42	13,7	18,2	6,06
Tapirira obtusa	44	13	0,8638	69,84	4,6	61,9	3,27	1,37	5,34	9,96	13,2	4,41
Machaerium villosum	29	13	0,8323	46,03	3,0	61,9	3,27	1,32	5,15	8,19	11,5	3,82
Campomanesia velutina	22	13	0,3907	34,92	2,3	61,9	3,27	0,62	2,42	4,72	8,00	2,67
Lithraea molleoides	16	6	0,6302	25,40	1,7	28,6	1,51	1,00	3,90	5,58	7,09	2,36
Casearia sylvestris	23	11	0,2700	36,51	2,4	52,4	2,77	0,43	1,67	4,08	6,85	2,28
Copaifera langsdorffii	13	8	0,4467	20,64	1,4	38,1	2,02	0,71	2,76	4,13	6,14	2,05
Clethra scabra	23	6	0,3506	36,51	2,4	28,6	1,51	0,56	2,17	4,58	6,09	2,03
Magnolia ovata	16	2	0,5961	25,40	1,7	9,5	0,50	0,95	3,69	5,37	5,87	1,96
Casearia lasiophylla	26	8	0,1787	41,27	2,7	38,1	2,02	0,28	1,11	3,83	5,85	1,95
Tapirira guianensis	20	10	0,1819	31,75	2,1	47,6	2,52	0,29	1,13	3,22	5,74	1,91
Protium heptaphyllum	18	8	0,2666	28,57	1,9	38,1	2,02	0,42	1,65	3,54	5,55	1,85
Myrcia splendens	19	8	0,2180	30,16	2,0	38,1	2,02	0,35	1,35	3,34	5,36	1,79
Vochysia magnifica	10	4	0,5156	15,87	1,1	19,1	1,01	0,82	3,19	4,24	5,25	1,75
Bauhinia forficata	16	3	0,4573	25,40	1,7	14,3	0,76	0,73	2,83	4,51	5,26	1,75
Myrcia tomentosa	26	6	0,1502	41,27	2,7	28,6	1,51	0,24	0,93	3,66	5,17	1,72
Chrysophyllum marginatum	17	5	0,2874	26,98	1,8	23,8	1,26	0,46	1,78	3,56	4,82	1,61
Vochysia tucanorum	14	9	0,1682	22,22	1,5	42,9	2,27	0,27	1,04	2,51	4,78	1,59
Aspidosperma parvifolium	7	4	0,4491	11,11	0,7	19,1	1,01	0,71	2,78	3,51	4,52	1,51
Machaerium hirtum	21	3	0,2315	33,33	2,2	14,3	0,76	0,37	1,43	3,63	4,39	1,46
Cupania vernalis	17	6	0,1514	26,98	1,8	28,6	1,51	0,24	0,94	2,72	4,23	1,41
Piptocarpha macropoda	11	7	0,2012	17,46	1,2	33,3	1,76	0,32	1,24	2,40	4,16	1,39
Matayba elaeagnoides	15	6	0,1683	23,81	1,6	28,6	1,51	0,27	1,04	2,61	4,13	1,37
Ocotea sp.	9	5	0,2608	14,29	0,9	23,8	1,26	0,41	1,61	2,56	3,82	1,27
Myrsine umbellata	14	7	0,0836	22,22	1,5	33,3	1,76	0,13	0,52	1,99	3,75	1,25
Cabralea canjerana	8	7	0,1682	12,70	0,8	33,3	1,76	0,27	1,04	1,88	3,64	1,21
Siphoneugena densiflora	16	6	0,0662	25,40	1,7	28,6	1,51	0,11	0,41	2,09	3,60	1,20
Campomanesia guazumifolia	13	5	0,1380	20,64	1,4	23,8	1,26	0,22	0,85	2,22	3,48	1,16
Cedrela fissilis	4	3	0,3672	6,35	0,4	14,3	0,76	0,58	2,27	2,69	3,45	1,15
Faramea cyanea	11	2	0,2225	17,46	1,2	9,5	0,50	0,35	1,38	2,53	3,03	1,01
Styrax camporum	7	5	0,1679	11,11	0,7	23,8	1,26	0,27	1,04	1,77	3,03	1,01
Guettarda viburnoides	11	3	0,1363	17,46	1,2	14,3	0,76	0,22	0,84	2,00	2,75	0,92
Miconia sellowiana	10	5	0,0614	15,87	1,1	23,8	1,26	0,10	0,38	1,43	2,69	0,90
Pera glabrata	6	4	0,1662	9,52	0,6	19,1	1,01	0,26	1,03	1,66	2,67	0,89
Prunus myrtifolia	8	5	0,0808	12,70	0,8	23,8	1,26	0,13	0,50	1,34	2,60	0,87
Dendropanax cuneatus	7	5	0,0927	11,11	0,7	23,8	1,26	0,15	0,57	1,31	2,57	0,86

Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VI	VI (%)
Gomidesia lindeniana	7	4	0,0806	11,11	0,7	19,1	1,01	0,13	0,50	1,23	2,24	0,75
Inga sp.	7	4	0,0812	11,11	0,7	19,1	1,01	0,13	0,50	1,24	2,24	0,75
Calyptranthes sp.	8	4	0,0597	12,70	0,8	19,1	1,01	0,10	0,37	1,21	2,22	0,74
Alchornea triplinervia	6	5	0,0469	9,52	0,6	23,8	1,26	0,07	0,29	0,92	2,18	0,73
Handroanthus serratifolius	3	3	0,1544	4,76	0,3	14,3	0,76	0,25	0,96	1,27	2,03	0,68
Ocotea velloziana	4	3	0,1420	6,35	0,4	14,3	0,76	0,23	0,88	1,30	2,05	0,68
Andira sp.	7	4	0,0287	11,11	0,7	19,1	1,01	0,05	0,18	0,91	1,92	0,64
Cordia sellowiana	3	2	0,1799	4,76	0,3	9,5	0,50	0,29	1,11	1,43	1,93	0,64
Psidium sp.	6	4	0,0301	9,52	0,6	19,1	1,01	0,05	0,19	0,82	1,82	0,61
Ocotea pulchella	5	4	0,0320	7,94	0,5	19,1	1,01	0,05	0,20	0,72	1,73	0,58
Celtis pubescens	4	2	0,1311	6,35	0,4	9,5	0,50	0,21	0,81	1,23	1,73	0,58
Amaioua guianensis	6	2	0,0881	9,52	0,6	9,5	0,50	0,14	0,54	1,17	1,68	0,56
Machaerium nyctitans	8	2	0,0430	12,70	0,8	9,5	0,50	0,07	0,27	1,10	1,61	0,54
Terminalia glabrescens	4	2	0,1069	6,35	0,4	9,5	0,50	0,17	0,66	1,08	1,59	0,53
Myrtaceae	2	2	0,1412	3,18	0,2	9,5	0,50	0,22	0,87	1,08	1,59	0,53
Guazuma ulmifolia	3	3	0,0793	4,76	0,3	14,3	0,76	0,13	0,49	0,81	1,56	0,52
Luehea divaricata	4	3	0,0599	6,35	0,4	14,3	0,76	0,10	0,37	0,79	1,55	0,52
Platypodium elegans	3	3	0,0623	4,76	0,3	14,3	0,76	0,10	0,39	0,70	1,46	0,49
Croton urucurana	8	1	0,0607	12,70	0,8	4,8	0,25	0,10	0,38	1,21	1,47	0,49
Pouteria sp.	4	2	0,0844	6,35	0,4	9,5	0,50	0,13	0,52	0,94	1,45	0,48
Myrsine coriacea	5	3	0,0258	7,94	0,5	14,3	0,76	0,04	0,16	0,68	1,44	0,48
Mollinedia argyrogyna	4	3	0,0407	6,35	0,4	14,3	0,76	0,07	0,25	0,67	1,43	0,48
Guatteria sellowiana	5	3	0,0162	7,94	0,5	14,3	0,76	0,03	0,10	0,62	1,38	0,46
Nectandra oppositifolia	4	2	0,0702	6,35	0,4	9,5	0,50	0,11	0,43	0,85	1,36	0,45
Soraceae bonplandii	5	2	0,0525	7,94	0,5	9,5	0,50	0,08	0,32	0,85	1,35	0,45
Trichilia pallida	4	3	0,0221	6,35	0,4	14,3	0,76	0,04	0,14	0,56	1,31	0,44
Myrcia sp.	4	3	0,0176	6,35	0,4	14,3	0,76	0,03	0,11	0,53	1,28	0,43
Jacaranda macrantha	5	2	0,0376	7,94	0,5	9,5	0,50	0,06	0,23	0,76	1,26	0,42
Maclura tinctoria	2	2	0,0722	3,18	0,2	9,5	0,50	0,12	0,45	0,66	1,16	0,39
Eugenia sp.	3	3	0,0130	4,76	0,3	14,3	0,76	0,02	0,08	0,40	1,15	0,38
Miconia pepericarpa	3	3	0,0101	4,76	0,3	14,3	0,76	0,02	0,06	0,38	1,13	0,38
Blepharocalyx salicifolius	2	2	0,0676	3,18	0,2	9,5	0,50	0,11	0,42	0,63	1,13	0,38
Hyeronima alchorneoides	3	2	0,0455	4,76	0,3	9,5	0,50	0,07	0,28	0,60	1,10	0,37
Campomanesia xanthocarpa	3	2	0,0418	4,76	0,3	9,5	0,50	0,07	0,26	0,57	1,08	0,36
Centrolobium tomentosum	1	1	0,1193	1,59	0,1	4,8	0,25	0,19	0,74	0,84	1,10	0,36
Annonaceae	3	2	0,0308	4,76	0,3	9,5	0,50	0,05	0,19	0,51	1,01	0,34
Não identificada 1	3	2	0,0250	4,76	0,3	9,5	0,50	0,04	0,15	0,47	0,97	0,32
Maprounea guianensis	3	2	0,0145	4,76	0,3	9,5	0,50	0,02	0,09	0,40	0,91	0,30
Ocotea corymbosa	2	2	0,0296	3,18	0,2	9,5	0,50	0,05	0,18	0,39	0,90	0,30
Hedyosmum brasiliense	3	2	0,0072	4,76	0,3	9,5	0,50	0,01	0,04	0,36	0,86	0,29
Maytenus sp.	4	1	0,0332	6,35	0,4	4,8	0,25	0,05	0,21	0,62	0,88	0,29
Lafoensia pacari	2	2	0,0160	3,18	0,2	9,5	0,50	0,03	0,10	0,31	0,81	0,27
Guarea kunthiana	2	2	0,0145	3,18	0,2	9,5	0,50	0,02	0,09	0,30	0,80	0,27
Cryptocarya aschersoniana	1	1	0,0733	1,59	0,1	4,8	0,25	0,12	0,45	0,56	0,81	0,27
Miconia sp.	4	1	0,0159	6,35	0,4	4,8	0,25	0,03	0,10	0,52	0,77	0,26
Coussarea sp.	2	2	0,0084	3,18	0,2	9,5	0,50	0,01	0,05	0,26	0,77	0,26
Simarouba versicolor	3	1	0,0179	4,76	0,3	4,8	0,25	0,03	0,11	0,43	0,68	0,23
Trema micrantha	1	1	0,0535	1,59	0,1	4,8	0,25	0,09	0,33	0,44	0,69	0,23
Cecropia pachystachya	1	1	0,0472	1,59	0,1	4,8	0,25	0,08	0,29	0,40	0,65	0,22
Hymenaea courbaril	1	1	0,0448	1,59	0,1	4,8	0,25	0,07	0,28	0,38	0,63	0,21
Mollinedia widgrenii	3	1	0,0098	4,76	0,3	4,8	0,25	0,02	0,06	0,38	0,63	0,21
Myrsine sp.	2	1	0,0210	3,18	0,2	4,8	0,25	0,03	0,13	0,34	0,59	0,20
Alchornea glandulosa	1	1	0,0413	1,59	0,1	4,8	0,25	0,07	0,26	0,36	0,61	0,20
Qualea jundiahy	1	1	0,0368	1,59	0,1	4,8	0,25	0,06	0,23	0,33	0,58	0,19
Ocotea diospyrifolia	2	1	0,0134	3,18	0,2	4,8	0,25	0,02	0,08	0,29	0,55	0,18
Não identificada 2	2	1	0,0112	3,18	0,2	4,8	0,25	0,02	0,07	0,28	0,53	0,18

Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VI	VI (%)
Persea willdenovii	1	1	0,0183	1,59	0,1	4,8	0,25	0,03	0,11	0,22	0,47	0,16
Lamanonia ternata	1	1	0,0199	1,59	0,1	4,8	0,25	0,03	0,12	0,23	0,48	0,16
Annona sylvatica	2	1	0,0046	3,18	0,2	4,8	0,25	0,01	0,03	0,24	0,49	0,16
Não identificada 3	1	1	0,0154	1,59	0,1	4,8	0,25	0,02	0,10	0,20	0,45	0,15
Não identificada 4	1	1	0,0147	1,59	0,1	4,8	0,25	0,02	0,09	0,20	0,45	0,15
Bowdichia virgilioides	1	1	0,0154	1,59	0,1	4,8	0,25	0,02	0,10	0,20	0,45	0,15
Não identificada 5	1	1	0,0147	1,59	0,1	4,8	0,25	0,02	0,09	0,20	0,45	0,15
Vernonia sp.	1	1	0,0115	1,59	0,1	4,8	0,25	0,02	0,07	0,18	0,43	0,14
Lonchocarpus sp.	1	1	0,0109	1,59	0,1	4,8	0,25	0,02	0,07	0,17	0,42	0,14
Sapium glandulosum	1	1	0,0109	1,59	0,1	4,8	0,25	0,02	0,07	0,17	0,42	0,14
Casearia sp.	1	1	0,0032	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,02	0,13	0,38	0,13
Bathysa australis	1	1	0,0058	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,04	0,14	0,39	0,13
Senna sp.	1	1	0,0032	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,02	0,13	0,38	0,13
Symplocos sp.	1	1	0,0058	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,04	0,14	0,39	0,13
Machaerium brasiliense	1	1	0,0058	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,04	0,14	0,39	0,13
Euterpe edulis	1	1	0,0042	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,03	0,13	0,38	0,13
Byrsonima laxiflora	1	1	0,0050	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,03	0,14	0,39	0,13
Urera baccifera	1	1	0,0042	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,03	0,13	0,38	0,13
Platycyamus regnellii	1	1	0,0046	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,03	0,13	0,39	0,13
Annona cacans	1	1	0,0026	1,59	0,1	4,8	0,25	0,00	0,02	0,12	0,37	0,12
Casearia grandiflora	1	1	0,0023	1,59	0,1	4,8	0,25	0,00	0,01	0,12	0,37	0,12
Micranda elata	1	1	0,0026	1,59	0,1	4,8	0,25	0,00	0,02	0,12	0,37	0,12
Aloysia virgata	1	1	0,0029	1,59	0,1	4,8	0,25	0,01	0,02	0,12	0,37	0,12
Total	**954**	**21**	**16,165**	**1514**	**100**	**1890**	**100**	**25,7**	**100**	**200**	**300**	**100**

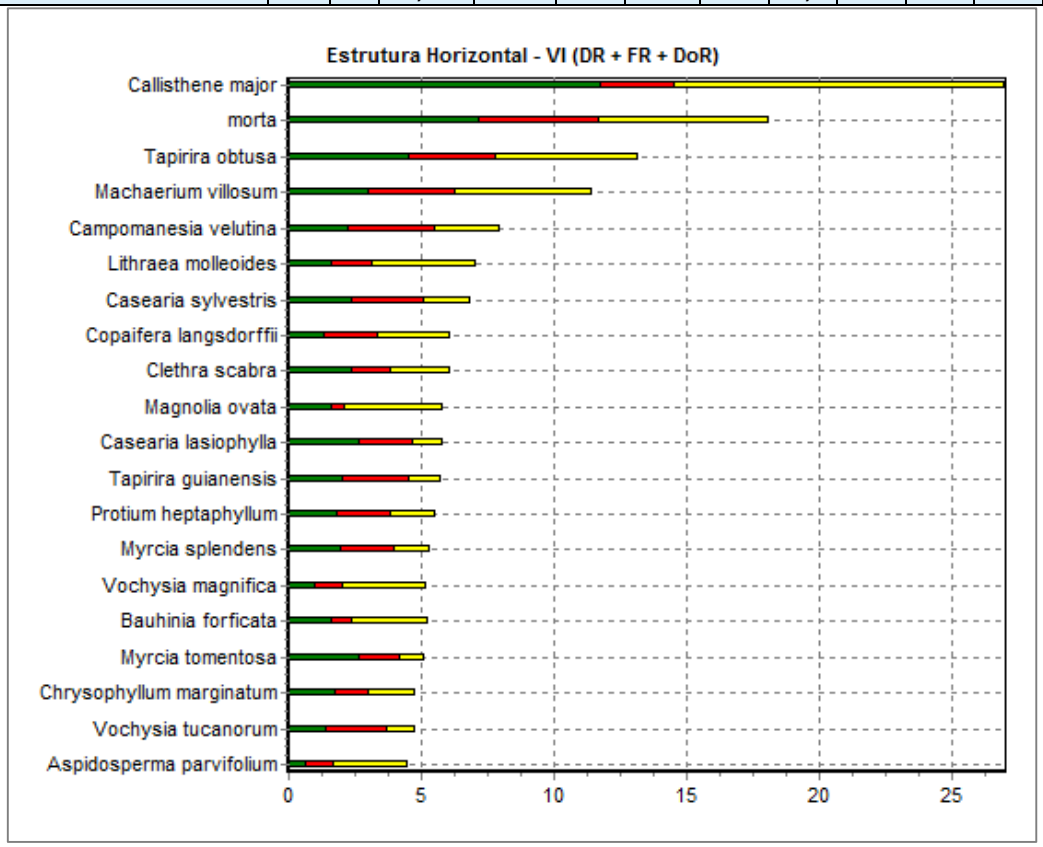


Figura 8.17– Representação gráfica do IVI das 20 espécies de maior destaque na fisionomia FES médio.

A densidade (D), também chamada abundância, é o número de indivíduos de cada espécie na composição do povoamento. O maior valor de densidade encontrado foi para a espécie *Callisthene major,* seguida por árvores mortas, *Tapirira obtusa*, *Machaerium villosum* e *Myrcia tomentosa*, respectivamente.

As espécies com maior frequência (F), ou seja, aquelas que estão bem distribuídas horizontalmente ao longo do povoamento amostrado foram: árvores mortas, *Tapirira obtusa, Machaerium villosum, Campomanesia velutina* e *Callisthene major,* respectivamente.

O parâmetro dominância (Do) revela que a espécie *Callisthene major* obteve o maior valor de área basal por hectare nos fragmentos amostrados, seguida por árvores mortas, *Tapirira obtusa, Machaerium villosum* e *Lithraea molleoides,* respectivamente.

8.2.4.3.1.1 Estrutura diamétrica

A estrutura diamétrica de uma população é a distribuição do número de árvores por classes de diâmetro e pode ser utilizada para caracterizar tipologias vegetais, estágios sucessionais, estados de conservação, regimes de manejo, processos de dinâmica de crescimento e verificar a sustentabilidade ambiental de manejo.

A estrutura diamétrica da população inventariada revela um padrão de distribuição de florestas inequiâneas do tipo "J" invertido decrescente, típico de florestas nativas, onde a maioria dos indivíduos encontra-se nas menores classes de diâmetro, com redução gradativa do número de indivíduos nas maiores classes, conforme demonstra a **Figura 8.18**.

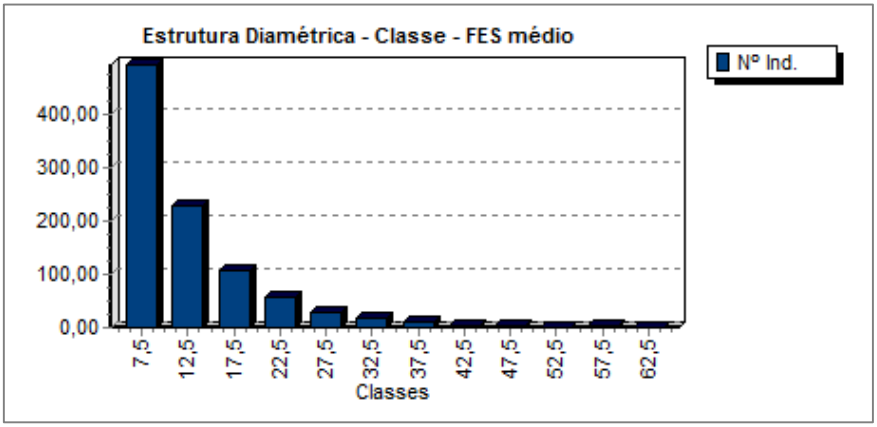


Figura 8.18– Representação da estrutura diamétrica do estrato FES médio.

De acordo com o **Quadro 8.12**, a classe diamétrica de maior representatividade na amostragem foi de 5,0 - 10,0 cm de DAP, com 491 indivíduos, seguida pelas classes de 10,0 - 15,0 cm, com 227 indivíduos, e 15,0 - 20,0 cm, com 108 indivíduos da população total amostrada.

Quadro 8.12 – Estrutura diamétrica FES médio.

Classe	Nº Ind.	AB (m²)	VT (m³)
5,0 |- 10,0	491	2,0790	11,0733
10,0 |- 15,0	227	2,7217	16,5523
15,0 |- 20,0	108	2,4673	15,8491

Classe	Nº Ind.	AB (m²)	VT (m³)
20,0 |- 25,0	56	2,1519	14,1812
25,0 |- 30,0	30	1,8010	12,0541
30,0 |- 35,0	19	1,5337	10,5246
35,0 |- 40,0	12	1,3257	9,1971
40,0 |- 45,0	3	0,4203	3,0472
45,0 |- 50,0	5	0,8773	6,0842
50,0 |- 55,0	0	0,0000	0,0000
55,0 |- 60,0	2	0,4972	3,4626
60,0 |- 65,0	1	0,2900	1,8242
Total	954	16,1650	105,5499

A média diamétrica (DAP) dos indivíduos amostrados foi de 11,8 cm e a média de altura total (HT) foi de 8,5 metros.

O **Quadro 8.13** apresenta os dados de número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT), por unidade amostral (parc) e por hectare (ha), de acordo com as espécies amostradas no estrato FES médio.

Quadro 8.13 – Número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT) de acordo com as espécies amostradas no estrato FES médio.

Nome Científico	N/parc	AB/parc	VT/parc (m³)	N/ha	AB/ha (m²)	VT/ha (m³)
Alchornea glandulosa	1	0,0413	0,3125	2	0,0650	0,4960
Alchornea triplinervia	6	0,0469	0,3086	10	0,0740	0,4898
Aloysia virgata	1	0,0029	0,0156	2	0,0050	0,0247
Amaioua guianensis	6	0,0881	0,5987	10	0,1400	0,9503
Andira sp.	7	0,0287	0,1536	11	0,0460	0,2438
Annona cacans	1	0,0026	0,0085	2	0,0040	0,0135
Annona sylvatica	2	0,0046	0,0221	3	0,0070	0,0350
Annonaceae	3	0,0308	0,1665	5	0,0490	0,2643
Aspidosperma parvifolium	7	0,4491	3,3487	11	0,7130	5,3154
Bathysa australis	1	0,0058	0,0381	2	0,0090	0,0605
Bauhinia forficata	16	0,4573	2,9025	25	0,7260	4,6071
Blepharocalyx salicifolius	2	0,0676	0,3644	3	0,1070	0,5785
Bowdichia virgilioides	1	0,0154	0,1109	2	0,0240	0,1760
Byrsonima laxiflora	1	0,0050	0,0208	2	0,0080	0,0330
Cabralea canjerana	8	0,1682	1,1349	13	0,2670	1,8014
Callisthene major	113	2,0108	13,0268	179	3,1920	20,6775
Calyptranthes sp.	8	0,0597	0,3141	13	0,0950	0,4986
Campomanesia guazumifolia	13	0,1380	0,6718	21	0,2190	1,0663
Campomanesia velutina	22	0,3907	2,2465	35	0,6200	3,5659
Campomanesia xanthocarpa	3	0,0418	0,2415	5	0,0660	0,3834
Casearia grandiflora	1	0,0023	0,0151	2	0,0040	0,0239
Casearia lasiophylla	26	0,1787	1,1537	41	0,2840	1,8312
Casearia sp.	1	0,0032	0,0199	2	0,0050	0,0316
Casearia sylvestris	23	0,2700	1,7454	37	0,4290	2,7705
Cecropia pachystachya	1	0,0472	0,3821	2	0,0750	0,6065
Cedrela fissilis	4	0,3672	2,3475	6	0,5830	3,7263

Nome Científico	N/parc	AB/parc	VT/parc (m³)	N/ha	AB/ha (m²)	VT/ha (m³)
Celtis pubescens	4	0,1311	0,6194	6	0,2080	0,9832
Centrolobium tomentosum	1	0,1193	0,7628	2	0,1890	1,2108
Chrysophyllum marginatum	17	0,2874	1,6822	27	0,4560	2,6702
Clethra scabra	23	0,3506	2,3329	37	0,5560	3,7030
Copaifera langsdorffii	13	0,4467	2,9774	21	0,7090	4,7260
Cordia sellowiana	3	0,1799	1,2949	5	0,2860	2,0554
Coussarea sp.	2	0,0084	0,0424	3	0,0130	0,0674
Croton urucurana	8	0,0607	0,2662	13	0,0960	0,4225
Cryptocarya aschersoniana	1	0,0733	0,5568	2	0,1160	0,8838
Cupania vernalis	17	0,1514	0,9268	27	0,2400	1,4711
Dendropanax cuneatus	7	0,0927	0,6197	11	0,1470	0,9836
Eugenia sp.	3	0,0130	0,0543	5	0,0210	0,0862
Euterpe edulis	1	0,0042	0,0180	2	0,0070	0,0286
Faramea cyanea	11	0,2225	1,2634	17	0,3530	2,0053
Gomidesia lindeniana	7	0,0806	0,4300	11	0,1280	0,6826
Guarea kunthiana	2	0,0145	0,0789	3	0,0230	0,1253
Guatteria sellowiana	5	0,0162	0,0929	8	0,0260	0,1474
Guazuma ulmifolia	3	0,0793	0,6035	5	0,1260	0,9580
Guettarda viburnoides	11	0,1363	0,7756	17	0,2160	1,2311
Handroanthus serratifolius	3	0,1544	1,1599	5	0,2450	1,8411
Hedyosmum brasiliense	3	0,0072	0,0401	5	0,0110	0,0637
Hyeronima alchorneoides	3	0,0455	0,3338	5	0,0720	0,5298
Hymenaea courbaril	1	0,0448	0,2756	2	0,0710	0,4374
Inga sp.	7	0,0812	0,5860	11	0,1290	0,9301
Jacaranda macrantha	5	0,0376	0,2284	8	0,0600	0,3625
Lafoensia pacari	2	0,0160	0,1021	3	0,0250	0,1621
Lamanonia ternata	1	0,0199	0,1527	2	0,0320	0,2423
Lithraea molleoides	16	0,6302	3,6717	25	1,0000	5,8280
Lonchocarpus sp.	1	0,0109	0,0738	2	0,0170	0,1171
Luehea divaricata	4	0,0599	0,3746	6	0,0950	0,5946
Machaerium brasiliense	1	0,0058	0,0431	2	0,0090	0,0684
Machaerium hirtum	21	0,2315	1,6325	33	0,3670	2,5913
Machaerium nyctitans	8	0,0430	0,2225	13	0,0680	0,3532
Machaerium villosum	29	0,8323	5,6099	46	1,3210	8,9045
Maclura tinctoria	2	0,0722	0,5477	3	0,1150	0,8694
Magnolia ovata	16	0,5961	4,6054	25	0,9460	7,3101
Maprounea guianensis	3	0,0145	0,0989	5	0,0230	0,1569
Matayba elaeagnoides	15	0,1683	1,1154	24	0,2670	1,7704
Maytenus sp.	4	0,0332	0,1703	6	0,0530	0,2703
Miconia pepericarpa	3	0,0101	0,0424	5	0,0160	0,0674
Miconia sellowiana	10	0,0614	0,3985	16	0,0970	0,6325
Miconia sp.	4	0,0159	0,0879	6	0,0250	0,1395
Micranda elata	1	0,0026	0,0119	2	0,0040	0,0188
Mollinedia argyrogyna	4	0,0407	0,1843	6	0,0650	0,2925
Mollinedia widgrenii	3	0,0098	0,0432	5	0,0150	0,0685
morta	69	1,0384	4,6397	110	1,6480	7,3646
Myrcia sp.	4	0,0176	0,0906	6	0,0280	0,1438
Myrcia splendens	19	0,2180	1,1588	30	0,3460	1,8394
Myrcia tomentosa	26	0,1502	0,7025	41	0,2380	1,1151
Myrsine coriacea	5	0,0258	0,1601	8	0,0410	0,2541

Nome Científico	N/parc	AB/parc	VT/parc (m³)	N/ha	AB/ha (m²)	VT/ha (m³)
Myrsine sp.	2	0,0210	0,0881	3	0,0330	0,1398
Myrsine umbellata	14	0,0836	0,4502	22	0,1330	0,7145
Myrtaceae	2	0,1412	1,2188	3	0,2240	1,9345
Não identificada 1	3	0,0250	0,1376	5	0,0400	0,2184
Não identificada 2	2	0,0112	0,0773	3	0,0180	0,1227
Não identificada 3	1	0,0154	0,0992	2	0,0240	0,1574
Não identificada 4	1	0,0147	0,0954	2	0,0230	0,1514
Não identificada 5	1	0,0147	0,0954	2	0,0230	0,1514
Nectandra oppositifolia	4	0,0702	0,5023	6	0,1110	0,7973
Ocotea corymbosa	2	0,0296	0,2149	3	0,0470	0,3412
Ocotea diospyrifolia	2	0,0134	0,0379	3	0,0210	0,0601
Ocotea pulchella	5	0,0320	0,1850	8	0,0510	0,2936
Ocotea sp.	9	0,2608	1,8802	14	0,4140	2,9845
Ocotea velloziana	4	0,1420	1,1706	6	0,2250	1,8580
Pera glabrata	6	0,1662	1,2300	10	0,2640	1,9523
Persea willdenovii	1	0,0183	0,1564	2	0,0290	0,2482
Piptocarpha macropoda	11	0,2012	1,3977	17	0,3190	2,2186
Platycyamus regnellii	1	0,0046	0,0271	2	0,0070	0,0431
Platypodium elegans	3	0,0623	0,4422	5	0,0990	0,7019
Pouteria sp.	4	0,0844	0,5907	6	0,1340	0,9377
Protium heptaphyllum	18	0,2666	1,7501	29	0,4230	2,7779
Prunus myrtifolia	8	0,0808	0,5301	13	0,1280	0,8414
Psidium sp.	6	0,0301	0,1790	10	0,0480	0,2841
Qualea jundiahy	1	0,0368	0,2581	2	0,0580	0,4097
Sapium glandulosum	1	0,0109	0,0825	2	0,0170	0,1309
Senna sp.	1	0,0032	0,0199	2	0,0050	0,0316
Simarouba versicolor	3	0,0179	0,1420	5	0,0280	0,2254
Siphoneugena densiflora	16	0,0662	0,4070	25	0,1050	0,6460
Soraceae bonplandii	5	0,0525	0,3125	8	0,0830	0,4960
Styrax camporum	7	0,1679	1,0658	11	0,2660	1,6918
Symplocos sp.	1	0,0058	0,0381	2	0,0090	0,0605
Tapirira guianensis	20	0,1819	1,3943	32	0,2890	2,2132
Tapirira obtusa	44	0,8638	5,4795	70	1,3710	8,6976
Terminalia glabrescens	4	0,1069	0,6922	6	0,1700	1,0988
Trema micrantha	1	0,0535	0,4254	2	0,0850	0,6753
Trichilia pallida	4	0,0221	0,1231	6	0,0350	0,1954
Urera baccifera	1	0,0042	0,0112	2	0,0070	0,0178
Vernonia sp.	1	0,0115	0,0595	2	0,0180	0,0944
Vochysia magnifica	10	0,5156	4,0496	16	0,8180	6,4280
Vochysia tucanorum	14	0,1682	1,1004	22	0,2670	1,7467
Total	954	16,1650	105,5499	1514	25,6590	167,5395

8.2.4.3.2 Cerrado stricto sensu

Na fisionomia cerrado *stricto sensu* foram amostrados 248 indivíduos arbóreos, distribuídos entre 50 espécies arbóreas.

Os dados fitossociológicos obtidos na fisionomia Cerrado revelam que as espécies com maior IVI (Índice de Valor de Importância) foram: *Kielmeyera coriacea*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Callisthene major*, *Myrcia tomentosa* e árvores mortas, respectivamente.

A estrutura horizontal da fisionomia Cerrado pode ser visualizada no **Quadro 8.14** e na **Figura 8.19**.

Quadro 8.14 – Estrutura horizontal da fisionomia Cerrado amostrada na ADA.

Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VI	VI (%)
Kielmeyera coriacea	32	5	0,355	96,97	12,9	45,45	5,21	1,08	13,6	26,5	31,7	10,6
Blepharocalyx salicifolius	22	5	0,318	66,67	8,9	45,45	5,21	0,96	12,1	21	26,2	8,73
Callisthene major	25	4	0,264	75,76	10,1	36,36	4,17	0,8	10,1	20,2	24,3	8,11
Myrcia tomentosa	30	3	0,16	90,91	12,1	27,27	3,12	0,48	6,1	18,2	21,3	7,11
morta	11	7	0,1	33,33	4,44	63,64	7,29	0,3	3,83	8,27	15,6	5,19
Myrcia bella	10	4	0,099	30,3	4,03	36,36	4,17	0,3	3,76	7,79	12	3,99
Myrsine umbellata	10	3	0,06	30,3	4,03	27,27	3,12	0,18	2,28	6,31	9,44	3,15
Erythrina falcata	4	1	0,176	12,12	1,61	9,09	1,04	0,53	6,72	8,34	9,38	3,13
Dalbergia miscolobium	7	2	0,104	21,21	2,82	18,18	2,08	0,31	3,95	6,78	8,86	2,95
Myrcia splendens	4	3	0,098	12,12	1,61	27,27	3,12	0,3	3,75	5,36	8,49	2,83
Styrax camporum	7	3	0,064	21,21	2,82	27,27	3,12	0,19	2,43	5,25	8,38	2,79
Lithraea molleoides	9	2	0,064	27,27	3,63	18,18	2,08	0,19	2,44	6,07	8,15	2,72
Vochysia tucanorum	4	2	0,08	12,12	1,61	18,18	2,08	0,24	3,03	4,65	6,73	2,24
Campomanesia velutina	5	2	0,064	15,15	2,02	18,18	2,08	0,19	2,44	4,46	6,54	2,18
Machaerium villosum	4	1	0,101	12,12	1,61	9,09	1,04	0,31	3,86	5,48	6,52	2,17
Campomanesia sessiliflora	5	2	0,059	15,15	2,02	18,18	2,08	0,18	2,25	4,27	6,35	2,12
Tapirira guianensis	3	2	0,052	9,09	1,21	18,18	2,08	0,16	1,99	3,2	5,28	1,76
Ocotea pulchella	3	2	0,04	9,09	1,21	18,18	2,08	0,12	1,53	2,74	4,82	1,61
Miconia pepericarpa	3	3	0,01	9,09	1,21	27,27	3,12	0,03	0,39	1,6	4,72	1,57
Aegiphila lhotskiana	5	2	0,016	15,15	2,02	18,18	2,08	0,05	0,61	2,63	4,71	1,57
Chrysophyllum marginatum	3	2	0,037	9,09	1,21	18,18	2,08	0,11	1,4	2,61	4,69	1,56
Myrsine coriacea	3	2	0,03	9,09	1,21	18,18	2,08	0,09	1,13	2,34	4,42	1,47
Platypodium elegans	3	2	0,017	9,09	1,21	18,18	2,08	0,05	0,64	1,85	3,93	1,31
Aegiphila sellowiana	3	2	0,015	9,09	1,21	18,18	2,08	0,05	0,56	1,77	3,86	1,29
Copaifera langsdorffii	1	1	0,063	3,03	0,4	9,09	1,04	0,19	2,41	2,81	3,85	1,28
Croton urucurana	2	2	0,014	6,06	0,81	18,18	2,08	0,04	0,54	1,35	3,43	1,14
Tibouchina candolleana	2	2	0,009	6,06	0,81	18,18	2,08	0,03	0,35	1,15	3,24	1,08
Cedrela fissilis	2	2	0,008	6,06	0,81	18,18	2,08	0,02	0,28	1,09	3,17	1,06
Clethra scabra	2	2	0,004	6,06	0,81	18,18	2,08	0,01	0,16	0,96	3,05	1,02
Syzygium cumini	3	1	0,021	9,09	1,21	9,09	1,04	0,06	0,8	2,01	3,05	1,02
Stryphonodendron adstringens	1	1	0,023	3,03	0,4	9,09	1,04	0,07	0,89	1,29	2,33	0,78
Eugenia dysenterica	2	1	0,012	6,06	0,81	9,09	1,04	0,04	0,47	1,28	2,32	0,77
Lamanonia ternata	1	1	0,012	3,03	0,4	9,09	1,04	0,04	0,44	0,84	1,88	0,63
Cecropia pachystachya	1	1	0,01	3,03	0,4	9,09	1,04	0,03	0,39	0,8	1,84	0,61
Byrsonima verbascifolia	1	1	0,008	3,03	0,4	9,09	1,04	0,02	0,29	0,7	1,74	0,58
Guapira graciliflora	1	1	0,006	3,03	0,4	9,09	1,04	0,02	0,22	0,63	1,67	0,56
Erythroxylum suberosum	1	1	0,006	3,03	0,4	9,09	1,04	0,02	0,22	0,62	1,66	0,55

Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VI	VI (%)
Amaioua guianensis	1	1	0,005	3,03	0,4	9,09	1,04	0,02	0,19	0,59	1,63	0,54
Tabebuia aurea	1	1	0,005	3,03	0,4	9,09	1,04	0,02	0,19	0,59	1,64	0,54
Vitex polygama	1	1	0,005	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,18	0,58	1,62	0,54
Solanum mauritianum	1	1	0,004	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,15	0,55	1,59	0,53
Simarouba versicolor	1	1	0,004	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,13	0,54	1,58	0,53
Schinus terebinthifolia	1	1	0,003	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,11	0,51	1,56	0,52
Machaerium opacum	1	1	0,003	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,12	0,53	1,57	0,52
Plenckia populnea	1	1	0,003	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,12	0,53	1,57	0,52
Guapira noxia	1	1	0,003	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,12	0,53	1,57	0,52
Cabralea canjerana	1	1	0,002	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,09	0,49	1,53	0,51
Aspidosperma parvifolium	1	1	0,003	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,1	0,5	1,54	0,51
Vernonia polyanthes	1	1	0,002	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,08	0,48	1,52	0,51
Enterolobium gummiferum	1	1	0,003	3,03	0,4	9,09	1,04	0,01	0,1	0,5	1,54	0,51
Total	248	11	2,619	751,5	100	872,7	100	7,94	100	200	300	100

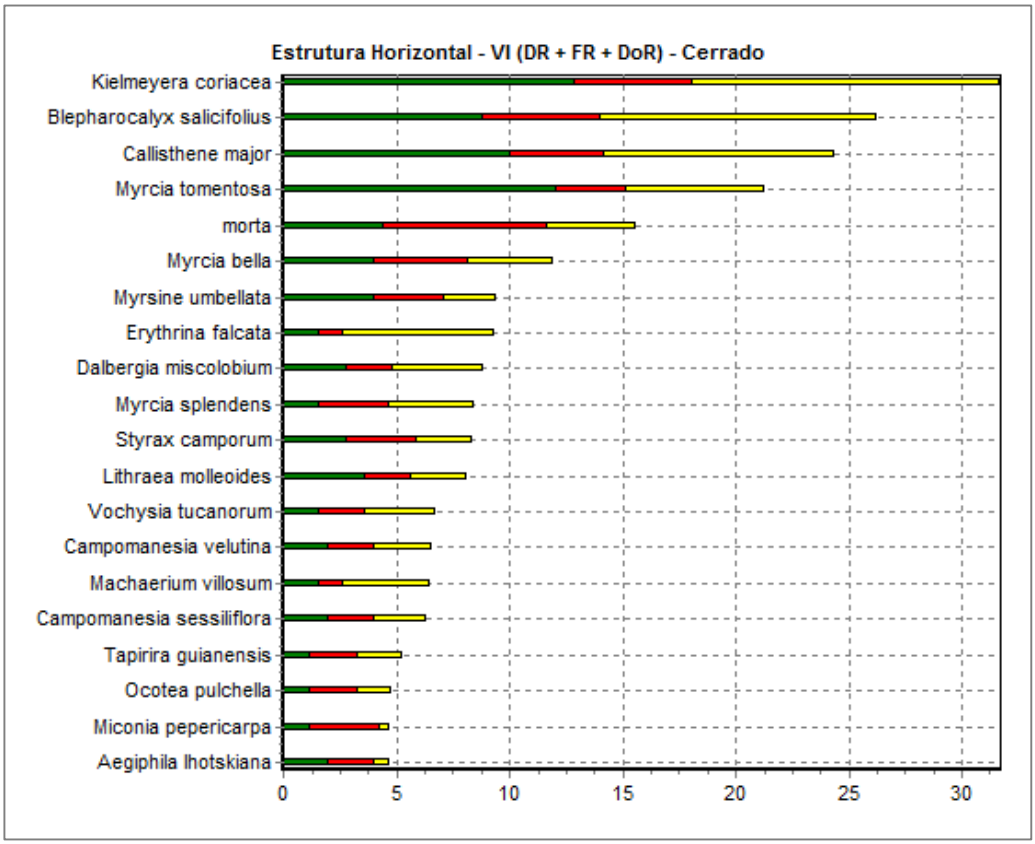


Figura 8.19– Representação gráfica do IVI das 20 espécies de maior destaque na fisionomia Cerrado amostrada na ADA.

O maior valor de densidade (D) encontrado foi para a espécie *Kielmeyera coriacea,* seguida de *Myrcia tomentosa, Callisthene major*, *Blepharocalys salicifolius* e árvores mortas, respectivamente.

As espécies com maior frequência (F), ou seja, aquelas que estão bem distribuídas horizontalmente ao longo do povoamento amostrado foram: árvores mortas, *Blepharocalys salicifolius*, *Kielmeyera coriacea, Callisthene major* e *Myrcia bella,* respectivamente.

O parâmetro dominância (Do) revela que a espécie *Kielmeyera coriácea* obteve o maior valor de área basal por hectare nos fragmentos amostrados, seguida por *Blepharocalys salicifolius, Callisthene major, Erytrina falcata* e *Myrcia tomentosa,* respectivamente.

8.2.4.3.2.1 Estrutura diamétrica

A estrutura diamétrica do Cerrado inventariado revela um padrão de distribuição de florestas inequiâneas do tipo "J" invertido decrescente, típico de florestas nativas, onde a maioria dos indivíduos encontra-se nas menores classes de diâmetro, com redução gradativa do número de indivíduos nas maiores classes, conforme demonstra a figura a seguir.

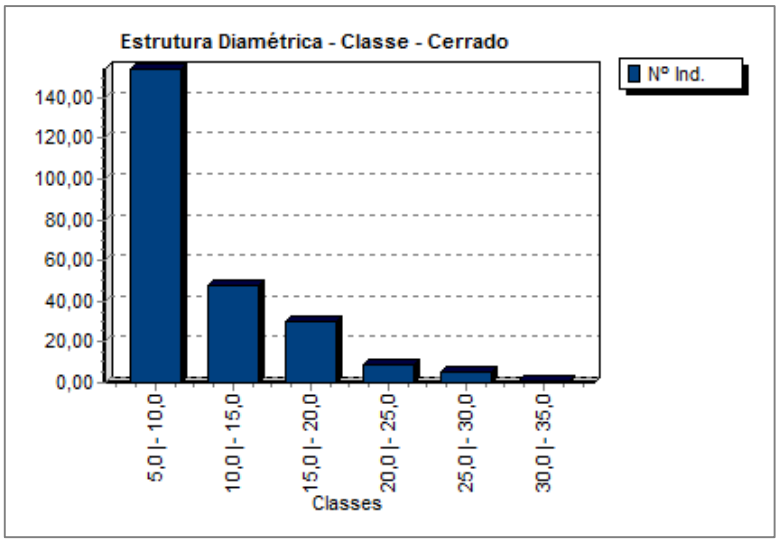


Figura 8.20– Representação da estrutura diamétrica do Cerrado amostrado na ADA.

De acordo com o **Quadro 8.15**, a classe diamétrica de maior representatividade na amostragem do Cerrado foi de 5,0 - 10,0cm de DAP, com 155 indivíduos, seguida pelas classes de 10,0 - 15,0 cm, com 48 indivíduos, e 15,0 - 20,0 cm, com 30 indivíduos da população total amostrada.

Quadro 8.15 – Estrutura diamétrica Cerrado.

Classe	Nº Ind.	AB (m²)	VT (m³)
5,0 |- 10,0	155	0,6482	2,0218
10,0 |- 15,0	48	0,5453	2,0306
15,0 |- 20,0	30	0,7002	3,2784
20,0 |- 25,0	9	0,3488	1,7926
25,0 |- 30,0	5	0,291	1,8765
30,0 |- 35,0	1	0,0855	0,4778
Total	248	2,6191	11,4950

A média diamétrica (DAP) dos indivíduos amostrados no Cerrado foi de 8,8 cm e a média de altura total (HT) foi de 4,0 metros.

O **Quadro 8.16** apresenta os dados de número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT), por unidade amostral (parc) e por hectare (ha), de acordo com as espécies amostradas no estrato Cerrado.

Quadro 8.16 – Número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT) de acordo com as espécies amostradas no estrato Cerrado.

Nome Científico	N/parc	AB/parc (m^2)	VT/parc (m^3)	N/ha	AB/ha (m^2)	VT/ha (m^3)
Kielmeyera coriacea	32	0,3553	1,3293	97	1,077	4,0281
Blepharocalyx salicifolius	22	0,3175	1,2284	66,7	0,962	3,7226
Callisthene major	25	0,2641	1,0688	75,8	0,8	3,2389
Myrcia tomentosa	30	0,1597	0,4758	90,9	0,484	1,4419
morta	11	0,1004	0,3944	33,3	0,304	1,195
Myrcia bella	10	0,0985	0,303	30,3	0,298	0,9181
Myrsine umbellata	10	0,0597	0,2108	30,3	0,181	0,6389
Erythrina falcata	4	0,1761	1,2226	12,1	0,534	3,705
Dalbergia miscolobium	7	0,1035	0,4892	21,2	0,314	1,4825
Myrcia splendens	4	0,0982	0,5162	12,1	0,298	1,5641
Styrax camporum	7	0,0637	0,3118	21,2	0,193	0,9448
Lithraea molleoides	9	0,0639	0,2278	27,3	0,194	0,6902
Vochysia tucanorum	4	0,0795	0,4408	12,1	0,241	1,3358
Campomanesia velutina	5	0,0639	0,344	15,2	0,194	1,0424
Machaerium villosum	4	0,1012	0,5616	12,1	0,307	1,7017
Campomanesia sessiliflora	5	0,0589	0,2444	15,2	0,179	0,7407
Tapirira guianensis	3	0,0521	0,2864	9,1	0,158	0,868
Ocotea pulchella	3	0,0401	0,2362	9,1	0,121	0,7158
Miconia pepericarpa	3	0,0101	0,0314	9,1	0,031	0,0952
Aegiphila lhotskiana	5	0,016	0,0449	15,2	0,049	0,1361
Chrysophyllum marginatum	3	0,0366	0,156	9,1	0,111	0,4726
Myrsine coriacea	3	0,0295	0,1379	9,1	0,089	0,4179
Platypodium elegans	3	0,0168	0,0695	9,1	0,051	0,2107
Aegiphila sellowiana	3	0,0148	0,0572	9,1	0,045	0,1734
Copaifera langsdorffii	1	0,063	0,4444	3	0,191	1,3465
Croton urucurana	2	0,0142	0,0557	6,1	0,043	0,1687
Tibouchina candolleana	2	0,0091	0,0317	6,1	0,028	0,096
Cedrela fissilis	2	0,0075	0,0239	6,1	0,023	0,0726
Syzygium cumini	3	0,0208	0,0722	9,1	0,063	0,2187
Clethra scabra	2	0,0041	0,0104	6,1	0,012	0,0315
Stryphonodendron adstringens	1	0,0232	0,1321	3	0,07	0,4004
Eugenia dysenterica	2	0,0123	0,0343	6,1	0,037	0,1039
Lamanonia ternata	1	0,0115	0,0379	3	0,035	0,1148
Cecropia pachystachya	1	0,0103	0,0534	3	0,031	0,1618

Nome Científico	N/parc	AB/parc (m^2)	VT/parc (m^3)	N/ha	AB/ha (m^2)	VT/ha (m^3)
Byrsonima verbascifolia	1	0,0076	0,0265	3	0,023	0,0804
Guapira graciliflora	1	0,0058	0,0188	3	0,018	0,0571
Erythroxylum suberosum	1	0,0057	0,014	3	0,017	0,0424
Tabebuia aurea	1	0,005	0,0147	3	0,015	0,0447
Amaioua guianensis	1	0,0049	0,015	3	0,015	0,0456
Vitex polygama	1	0,0046	0,0153	3	0,014	0,0465
Solanum mauritianum	1	0,0039	0,0132	3	0,012	0,0401
Simarouba versicolor	1	0,0035	0,0136	3	0,011	0,0411
Machaerium opacum	1	0,0032	0,0085	3	0,01	0,0257
Plenckia populnea	1	0,0032	0,0098	3	0,01	0,0296
Guapira noxia	1	0,0032	0,0079	3	0,01	0,0241
Schinus terebinthifolia	1	0,0029	0,0086	3	0,009	0,0261
Aspidosperma parvifolium	1	0,0026	0,0081	3	0,008	0,0244
Enterolobium gummiferum	1	0,0026	0,0065	3	0,008	0,0198
Cabralea canjerana	1	0,0023	0,0074	3	0,007	0,0224
Vernonia polyanthes	1	0,002	0,0052	3	0,006	0,0156
Total	248	2,6191	11,495	752	7,937	34,8334

8.2.4.3.3 Campo Sujo

Na fisionomia Campo Sujo foi realizado o censo florestal diante da baixa presença de indivíduos arbóreos com CAP maior que 15,7 cm. Ao todo foram mensurados 160 indivíduos arbóreos, distribuídos entre 29 espécies arbóreas.

Os dados fitossociológicos obtidos na fisionomia Campo Sujo revelam que as espécies com maior IVI (Índice de Valor de Importância) foram: *Stryphonodendron adstringens*, *Callisthene major*, *Myrcia tomentosa, Blepharocalyx salicifolius* e *Aegiphila lhotskiana*, respectivamente.

A estrutura horizontal da fisionomia Campo Sujo pode ser visualizada no **Quadro 8.17** e **Figura 8.21**.

Quadro 8.17 – Estrutura horizontal da fisionomia Campo Sujo.

Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VI	VI (%)
Stryphonodendron adstringens	45	1	0,45	1,51	28,13	100	3,33	0,02	15,26	43,39	46,72	15,57
Callisthene major	6	1	0,675	0,2	3,75	100	3,33	0,02	22,88	26,63	29,96	9,99
Myrcia tomentosa	10	1	0,177	0,34	6,25	100	3,33	0,01	6,01	12,26	15,59	5,2
Blepharocalyx salicifolius	9	1	0,161	0,3	5,62	100	3,33	0,01	5,45	11,07	14,4	4,8
Aegiphila lhotskiana	11	1	0,102	0,37	6,87	100	3,33	0	3,46	10,33	13,66	4,55
Tapirira guianensis	8	1	0,15	0,27	5	100	3,33	0,01	5,08	10,08	13,42	4,47
Styrax ferrugineus	10	1	0,112	0,34	6,25	100	3,33	0	3,79	10,04	13,37	4,46
Vochysia tucanorum	3	1	0,234	0,1	1,87	100	3,33	0,01	7,93	9,8	13,13	4,38
Dalbergia miscolobium	5	1	0,118	0,17	3,12	100	3,33	0	3,98	7,11	10,44	3,48
Campomanesia velutina	2	1	0,161	0,07	1,25	100	3,33	0,01	5,45	6,7	10,03	3,34
Myrcia bella	7	1	0,066	0,24	4,38	100	3,33	0	2,23	6,61	9,94	3,31

Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VI	VI (%)
Styrax camporum	6	1	0,056	0,2	3,75	100	3,33	0	1,91	5,66	8,99	3
Kielmeyera coriacea	6	1	0,046	0,2	3,75	100	3,33	0	1,54	5,29	8,63	2,87
Byrsonima verbascifolia	5	1	0,04	0,17	3,12	100	3,33	0	1,35	4,48	7,81	2,6
Myrcia splendens	4	1	0,047	0,13	2,5	100	3,33	0	1,61	4,11	7,44	2,48
Leucochloron incuriale	1	1	0,068	0,03	0,62	100	3,33	0	2,32	2,95	6,28	2,09
Gochnatia polymorpha	3	1	0,03	0,1	1,87	100	3,33	0	1,03	2,9	6,24	2,08
morta	3	1	0,022	0,1	1,87	100	3,33	0	0,76	2,63	5,97	1,99
Cecropia pachystachya	3	1	0,023	0,1	1,87	100	3,33	0	0,77	2,65	5,98	1,99
Simarouba versicolor	1	1	0,052	0,03	0,62	100	3,33	0	1,77	2,4	5,73	1,91
Schefflera macrocarpa	2	1	0,025	0,07	1,25	100	3,33	0	0,83	2,09	5,42	1,81
Erythrina falcata	1	1	0,033	0,03	0,62	100	3,33	0	1,12	1,75	5,08	1,69
Myrsine coriacea	2	1	0,013	0,07	1,25	100	3,33	0	0,43	1,68	5,01	1,67
Vochysia thyrsoidea	1	1	0,028	0,03	0,62	100	3,33	0	0,94	1,56	4,9	1,63
Machaerium villosum	1	1	0,021	0,03	0,62	100	3,33	0	0,7	1,33	4,66	1,55
Ficus sp.	1	1	0,012	0,03	0,62	100	3,33	0	0,39	1,02	4,35	1,45
Tabebuia ochracea	1	1	0,011	0,03	0,62	100	3,33	0	0,37	0,99	4,33	1,44
Micranda elata	1	1	0,01	0,03	0,62	100	3,33	0	0,33	0,95	4,28	1,43
Tibouchina candolleana	1	1	0,007	0,03	0,62	100	3,33	0	0,24	0,87	4,2	1,4
Eremanthus erythropappus	1	1	0,003	0,03	0,62	100	3,33	0	0,09	0,71	4,05	1,35
Total	160	1	2,95	5	100	3000	100	0	100	200	300	100

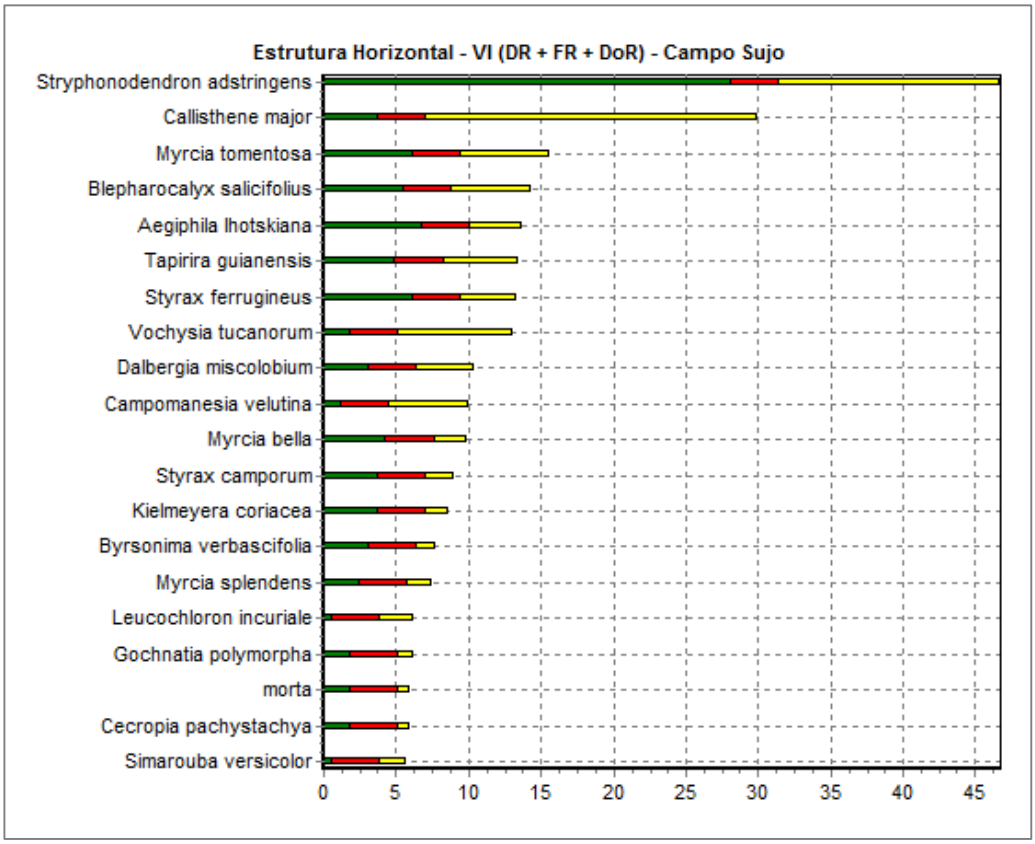


Figura 8.21– Representação gráfica do IVI das 20 espécies de maior destaque amostradas na fisionomia Campo Sujo.

O maior valor de densidade (D) encontrado foi para a espécie *Stryphonodendron adstringens,* seguida de *Aegiphila lhotskiana*, *Myrciato mentosa, Styrax ferrugineus* e *Blepharocalys salicifolius*, respectivamente.

O parâmetro frequência (F) foi o mesmo para todas as espécies, uma vez que foi realizado o inventário 100% na fisionomia Campo Sujo.

O parâmetro dominância (Do) revela que a espécie *Callisthene major* obteve o maior valor de área basal por hectare na tipologia amostrada, seguida por *Stryphonodendron adstringens, Vochysia tucanorum, Myrcia tomentosa* e *Campomanesia velutina,* respectivamente.

8.2.4.3.3.1 Estrutura diamétrica

A estrutura diamétrica do Campo Sujo inventariado revela um padrão de distribuição típico de vegetação nativa, onde a maioria dos indivíduos encontra-se nas menores classes de diâmetro, com redução gradativa do número de indivíduos nas maiores classes, conforme demonstra a **Figura 8.22**.

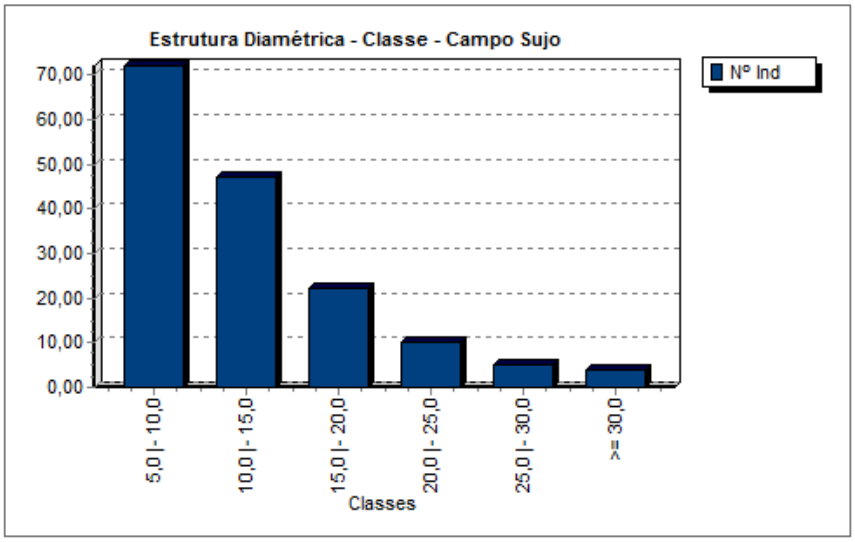


Figura 8.22– Representação da estrutura diamétrica do Campo Sujo amostrado.

De acordo com o **Quadro 8.18**, a classe diamétrica de maior representatividade na amostragem do Campo Sujo foi de 5,0 - 10,0 cm de DAP, com 72 indivíduos, seguida pelas classes de 10,0 - 15,0 cm, com 47 indivíduos, e 15,0 - 20,0 cm, com 22 indivíduos da população total amostrada.

Quadro 8.18 – Estrutura diamétrica Campo Sujo.

Classe	Nº Ind	AB (m²)	VT (m³)
5,0 |- 10,0	72	0,3444	1,0793
10,0 |- 15,0	47	0,5552	2,0343
15,0 |- 20,0	22	0,5395	2,3212
20,0 |- 25,0	10	0,3902	2,0546
25,0 |- 30,0	5	0,2904	1,5404

>= 30,0	4	0,8304	6,4272
Total	160	2,95	15,4570

A média diamétrica (DAP) dos indivíduos amostrados no Campo Sujo foi de 11,2 cm e a média de altura total (HT) foi de 3,8 metros.

O **Quadro 8.19** apresenta os dados de número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT), por unidade amostral (parc) e por hectare (ha), de acordo com as espécies amostradas no estrato Campo Sujo.

Quadro 8.19 – Número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT) de acordo com as espécies amostradas no estrato Campo Sujo.

Nome Científico	N/parc	AB/parc (m^2)	VT/parc (m^3)	N/ha	AB/ha (m^2)	VT/ha (m^3)
Stryphonodendron adstringens	45	0,4503	1,6339	1,51	0,015	0,0549
Callisthene major	6	0,6749	5,0585	0,2	0,023	0,17
Myrcia tomentosa	10	0,1772	0,7839	0,34	0,006	0,0263
Blepharocalyx salicifolius	9	0,1606	0,6719	0,3	0,005	0,0226
Aegiphila lhotskiana	11	0,1019	0,3861	0,37	0,003	0,013
Tapirira guianensis	8	0,15	0,7637	0,27	0,005	0,0257
Styrax ferrugineus	10	0,1117	0,5257	0,34	0,004	0,0177
Vochysia tucanorum	3	0,2338	1,5907	0,1	0,008	0,0535
Dalbergia miscolobium	5	0,1175	0,5987	0,17	0,004	0,0201
Campomanesia velutina	2	0,1607	0,8386	0,07	0,005	0,0282
Myrcia bella	7	0,0658	0,2155	0,24	0,002	0,0072
Styrax camporum	6	0,0563	0,1815	0,2	0,002	0,0061
Kielmeyera coriacea	6	0,0455	0,1439	0,2	0,002	0,0048
Byrsonima verbascifolia	5	0,0399	0,1283	0,17	0,001	0,0043
Myrcia splendens	4	0,0474	0,1737	0,13	0,002	0,0058
Leucochloron incuriale	1	0,0684	0,4155	0,03	0,002	0,014
Gochnatia polymorpha	3	0,0303	0,117	0,1	0,001	0,0039
Cecropia pachystachya	3	0,0228	0,1051	0,1	0,001	0,0035
morta	3	0,0224	0,0761	0,1	0,001	0,0026
Simarouba versicolor	1	0,0522	0,3645	0,03	0,002	0,0122
Schefflera macrocarpa	2	0,0246	0,0844	0,07	0,001	0,0028
Erythrina falcata	1	0,0331	0,1534	0,03	0,001	0,0052
Myrsine coriacea	2	0,0126	0,0451	0,07	0	0,0015
Vochysia thyrsoidea	1	0,0277	0,1237	0,03	0,001	0,0042
Machaerium villosum	1	0,0207	0,0984	0,03	0,001	0,0033
Ficus sp.	1	0,0115	0,0589	0,03	0	0,002
Tabebuia ochracea	1	0,0109	0,0517	0,03	0	0,0017
Micranda elata	1	0,0096	0,0327	0,03	0	0,0011
Tibouchina candolleana	1	0,0072	0,0297	0,03	0	0,001
Eremanthus erythropappus	1	0,0026	0,0062	0,03	0	0,0002

Nome Científico	N/parc	AB/parc (m^2)	VT/parc (m^3)	N/ha	AB/ha (m^2)	VT/ha (m^3)
Total	160	2,95	15,457	5,38	0,099	0,5194

8.2.4.3.4 Pastagem

Na tipologia pastagem também foi realizado o censo florestal diante da baixa presença de indivíduos arbóreos com CAP maior que 15,7 cm. Ao todo foram mensurados 178 indivíduos arbóreos, distribuídos entre 42 espécies arbóreas.

Os dados fitossociológicos obtidos revelam que as espécies com maior IVI (Índice de Valor de Importância) foram: *Dalbergiamis colobium, Solanum lycocarpum, Campomanesia sessiliflora, Lithraea molleoides* e *Machaerium hirtum*, respectivamente.

A estrutura horizontal da tipologia pastagem amostrada pode ser visualizada no **Quadro 8.20** e na **Figura 8.23**.

Quadro 8.20 – Estrutura horizontal da tipologia pastagem amostrada.

Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VI	VI (%)
Dalbergia miscolobium	26	1	0,521	0,54	14,61	100	2,33	0,01	15,2	29,8	32,1	10,7
Solanum lycocarpum	20	1	0,25	0,41	11,24	100	2,33	0,01	7,26	18,5	20,8	6,94
Campomanesia sessiliflora	10	1	0,326	0,21	5,62	100	2,33	0,01	9,48	15,1	17,4	5,81
Lithraea molleoides	16	1	0,211	0,33	8,99	100	2,33	0	6,12	15,1	17,4	5,81
Machaerium hirtum	4	1	0,401	0,08	2,25	100	2,33	0,01	11,7	13,9	16,2	5,41
Aegiphila lhotskiana	9	1	0,123	0,19	5,06	100	2,33	0	3,58	8,64	11	3,66
Myrsine coriacea	10	1	0,072	0,21	5,62	100	2,33	0	2,09	7,71	10	3,34
Cedrela fissilis	4	1	0,179	0,08	2,25	100	2,33	0	5,2	7,45	9,77	3,26
Copaifera langsdorffii	3	1	0,195	0,06	1,69	100	2,33	0	5,68	7,37	9,69	3,23
Tabebuia ochracea	4	1	0,093	0,08	2,25	100	2,33	0	2,7	4,95	7,27	2,42
Celtis pubescens	4	1	0,086	0,08	2,25	100	2,33	0	2,51	4,76	7,08	2,36
Vernonia polyanthes	6	1	0,037	0,12	3,37	100	2,33	0	1,07	4,45	6,77	2,26
Stryphonodendron adstringens	4	1	0,057	0,08	2,25	100	2,33	0	1,66	3,91	6,24	2,08
Myrcia bella	5	1	0,033	0,1	2,81	100	2,33	0	0,96	3,77	6,1	2,03
Erythroxylum deciduum	5	1	0,033	0,1	2,81	100	2,33	0	0,95	3,76	6,08	2,03
Zanthoxylum rhoifolium	5	1	0,029	0,1	2,81	100	2,33	0	0,83	3,64	5,97	1,99
Platypodium elegans	3	1	0,066	0,06	1,69	100	2,33	0	1,91	3,6	5,92	1,97
Aspidosperma parvifolium	4	1	0,032	0,08	2,25	100	2,33	0	0,92	3,17	5,49	1,83
Tibouchina candolleana	1	1	0,083	0,02	0,56	100	2,33	0	2,4	2,96	5,29	1,76
Maclura tinctoria	1	1	0,08	0,02	0,56	100	2,33	0	2,31	2,88	5,2	1,73
Blepharocalyx salicifolius	1	1	0,074	0,02	0,56	100	2,33	0	2,15	2,71	5,04	1,68
Erythrina falcata	1	1	0,068	0,02	0,56	100	2,33	0	1,99	2,55	4,87	1,62
Machaerium stipitatum	3	1	0,026	0,06	1,69	100	2,33	0	0,77	2,45	4,78	1,59
Pisidium guajava	3	1	0,02	0,06	1,69	100	2,33	0	0,59	2,27	4,6	1,53
Styrax camporum	3	1	0,015	0,06	1,69	100	2,33	0	0,44	2,13	4,46	1,49
Dimorphandra mollis	1	1	0,055	0,02	0,56	100	2,33	0	1,59	2,16	4,48	1,49
Myrsine umbellata	2	1	0,032	0,04	1,12	100	2,33	0	0,92	2,04	4,37	1,46

Nome Científico	N	U	AB	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VI	VI (%)
Tapirira guianensis	2	1	0,023	0,04	1,12	100	2,33	0	0,68	1,8	4,13	1,38
Myrcia tomentosa	2	1	0,021	0,04	1,12	100	2,33	0	0,62	1,74	4,07	1,36
Machaerium villosum	1	1	0,037	0,02	0,56	100	2,33	0	1,07	1,63	3,96	1,32
Kielmeyera coriacea	2	1	0,013	0,04	1,12	100	2,33	0	0,37	1,49	3,82	1,27
Acosmium subelegans	2	1	0,013	0,04	1,12	100	2,33	0	0,36	1,49	3,81	1,27
Ocotea corymbosa	1	1	0,021	0,02	0,56	100	2,33	0	0,6	1,16	3,49	1,16
Schefflera macrocarpa	1	1	0,019	0,02	0,56	100	2,33	0	0,55	1,11	3,43	1,14
Bowdichia virgilioides	1	1	0,016	0,02	0,56	100	2,33	0	0,47	1,03	3,36	1,12
morta	1	1	0,015	0,02	0,56	100	2,33	0	0,44	1	3,32	1,11
Cordia trichotoma	1	1	0,015	0,02	0,56	100	2,33	0	0,45	1,01	3,34	1,11
Cecropia pachystachya	1	1	0,013	0,02	0,56	100	2,33	0	0,39	0,95	3,28	1,09
Diospyrus brasiliensis	1	1	0,011	0,02	0,56	100	2,33	0	0,31	0,87	3,19	1,06
Psidium sp.	1	1	0,009	0,02	0,56	100	2,33	0	0,27	0,83	3,15	1,05
Handroanthus serratifolius	1	1	0,008	0,02	0,56	100	2,33	0	0,22	0,78	3,11	1,04
Byrsonima verbascifolia	1	1	0,007	0,02	0,56	100	2,33	0	0,19	0,76	3,08	1,03
Casearia sylvestris	1	1	0,004	0,02	0,56	100	2,33	0	0,1	0,66	2,99	1
Total	178	1	3,438	3,68	100	4300	100	0,07	100	200	300	100

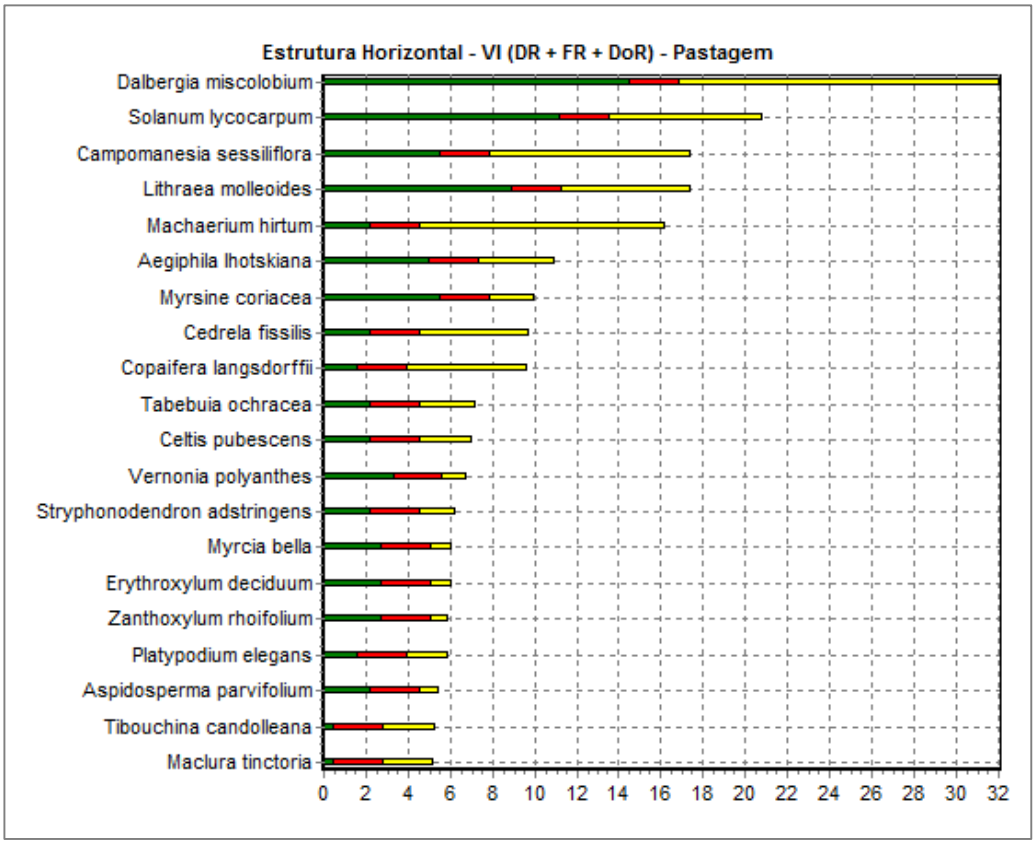


Figura 8.23– Representação gráfica do IVI das espécies amostradas na tipologia pastagem.

O maior valor de densidade (D) encontrado foi para a espécie *Dalbergia miscolobium*, seguida por *Solanum lycocarpum*, *Lithraea molleoides*, *Campomanesia sessiliflora* e, *Myrsine coriacea*, respectivamente.

O parâmetro frequência (F) foi o mesmo para todas as espécies, uma vez que foi realizado o inventário 100% na tipologia pastagem.

O parâmetro dominância (Do) revela que a espécie *Dalbergia miscolobium* obteve o maior valor de área basal por hectare na tipologia amostrada, seguida por *Machaerium hirtum, Campomanesia sessiliflora, Solanum lycocarpum* e *Lithraea molleoides,* respectivamente.

8.2.4.3.4.1 Estrutura diamétrica

A estrutura diamétrica da pastagem inventariada revela uma distribuição com a maioria dos indivíduos inseridos nas menores classes, conforme demonstra a **Figura 8.24**.

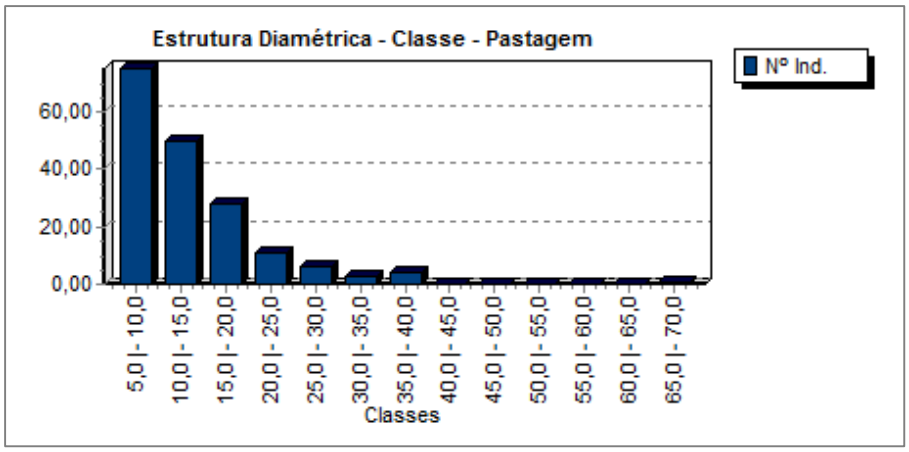


Figura 8.24– Representação da estrutura diamétrica da pastagem amostrada na ADA.

De acordo com o quadro abaixo, a classe diamétrica de maior representatividade na amostragem da pastagem foi de 5,0 - 10,0cm de DAP, com 75 indivíduos, seguida pelas classes de 10,0 - 15,0 cm, com 50 indivíduos, e 15,0 - 20,0 cm, com 28 indivíduos da população total amostrada.

Quadro 8.21 – Estrutura diamétrica da pastagem.

Classe	Nº Ind	AB (m²)	VT (m³)
5,0 |- 10,0	75	0,396	1,0428
10,0 |- 15,0	50	0,6069	1,9632
15,0 |- 20,0	28	0,6386	2,1433
20,0 |- 25,0	11	0,4122	1,6429
25,0 |- 30,0	6	0,3633	1,6499
30,0 |- 35,0	3	0,236	0,9519
35,0 |- 40,0	4	0,4449	2,3445
40,0 |- 45,0	0	0	0
45,0 |- 50,0	0	0	0
50,0 |- 55,0	0	0	0
55,0 |- 60,0	0	0	0
60,0 |- 65,0	0	0	0

Classe	Nº Ind	AB (m²)	VT (m³)
65,0 |- 70,0	1	0,3403	2,1234
Total	178	3,4382	13,8619

A média diamétrica (DAP) dos indivíduos amostrados na pastagem foi de 11,5 cm e a média de altura total (HT) foi de 4,4 metros.

O quadro a seguir apresenta os dados de número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT), por unidade amostral (parc) e por hectare (ha), de acordo com as espécies amostradas no estrato pastagem.

Quadro 8.22 – Número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT) de acordo com as espécies amostradas no estrato pastagem.

Nome Científico	Nº Ind	AB(m²)	VT(m³)	N/ha	AB/ha (m²)	VT/ha (m³)
Dalbergia miscolobium	26	0,5213	2,107	0,54	0,011	0,0435
Solanum lycocarpum	20	0,2496	0,6915	0,41	0,005	0,0143
Lithraea molleoides	16	0,2106	0,699	0,33	0,004	0,0144
Campomanesia sessiliflora	10	0,3258	1,0869	0,21	0,007	0,0225
Machaerium hirtum	4	0,4011	2,3976	0,08	0,008	0,0495
Aegiphila lhotskiana	9	0,1232	0,3864	0,19	0,003	0,008
Myrsine coriacea	10	0,0718	0,2462	0,21	0,001	0,0051
Cedrela fissilis	4	0,1787	0,8346	0,08	0,004	0,0172
Copaifera langsdorffii	3	0,1954	1,1159	0,06	0,004	0,0231
Tabebuia ochracea	4	0,0928	0,323	0,08	0,002	0,0067
Celtis pubescens	4	0,0863	0,2911	0,08	0,002	0,006
Vernonia polyanthes	6	0,0369	0,0978	0,12	0,001	0,002
Stryphonodendron adstringens	4	0,0572	0,1746	0,08	0,001	0,0036
Myrcia bella	5	0,0331	0,0559	0,1	0,001	0,0012
Erythroxylum deciduum	5	0,0326	0,0664	0,1	0,001	0,0014
Zanthoxylum rhoifolium	5	0,0286	0,0641	0,1	0,001	0,0013
Platypodium elegans	3	0,0657	0,4351	0,06	0,001	0,009
Aspidosperma parvifolium	4	0,0316	0,1148	0,08	0,001	0,0024
Tibouchina candolleana	1	0,0825	0,4264	0,02	0,002	0,0088
Maclura tinctoria	1	0,0796	0,2709	0,02	0,002	0,0056
Blepharocalyx salicifolius	1	0,0739	0,2546	0,02	0,002	0,0053
Erythrina falcata	1	0,0683	0,3577	0,02	0,001	0,0074
Machaerium stipitatum	3	0,0264	0,1112	0,06	0,001	0,0023
Pisidium guajava	3	0,0202	0,0528	0,06	0	0,0011
Dimorphandra mollis	1	0,0548	0,1768	0,02	0,001	0,0037
Styrax camporum	3	0,0153	0,042	0,06	0	0,0009
Myrsine umbellata	2	0,0316	0,1212	0,04	0,001	0,0025
Tapirira guianensis	2	0,0234	0,0735	0,04	0	0,0015

Nome Científico	Nº Ind	AB(m²)	VT(m³)	N/ha	AB/ha (m²)	VT/ha (m³)
Myrcia tomentosa	2	0,0212	0,071	0,04	0	0,0015
Machaerium villosum	1	0,0367	0,1548	0,02	0,001	0,0032
Kielmeyera coriacea	2	0,0126	0,0308	0,04	0	0,0006
Acosmium subelegans	2	0,0125	0,0297	0,04	0	0,0006
Ocotea corymbosa	1	0,0207	0,0864	0,02	0	0,0018
Schefflera macrocarpa	1	0,0187	0,0719	0,02	0	0,0015
Bowdichia virgilioides	1	0,0161	0,0687	0,02	0	0,0014
Cordia trichotoma	1	0,0154	0,0553	0,02	0	0,0011
morta	1	0,015	0,035	0,02	0	0,0007
Cecropia pachystachya	1	0,0134	0,0579	0,02	0	0,0012
Diospyrus brasiliensis	1	0,0105	0,041	0,02	0	0,0008
Psidium sp.	1	0,0091	0,0361	0,02	0	0,0007
Handroanthus serratifolius	1	0,0076	0,0235	0,02	0	0,0005
Byrsonima verbascifolia	1	0,0067	0,0158	0,02	0	0,0003
Casearia sylvestris	1	0,0035	0,0087	0,02	0	0,0002
Total	178	3,4382	13,8619	3,68	0,071	0,2864

8.2.4.4 *Dados gerais*

O **Quadro 8.23** apresenta dados gerais do inventário florestal para cada unidade amostral, informando o DAP médio, altura média (H), número de indivíduos (N), área basal (AB) e volume total (VT) em m³ e metro estéreo (mst).

O fator de conversão para transformação de m³ para metro estéreo (mst) foi de 1,77 para as tipologias FES médio e Pastagem, e 2,12 para o Cerrado e Campo Sujo (Scolforo *et al*., 2008).

Quadro 8.23 – Dados gerais do inventário florestal para cada unidade amostral.

Parcela	DAP méd (cm)	H méd (m)	N/parc	N/ha	AB/parc (m^2)	AB/ha (m^2)	VT/parc (m^3)	VT/parc (mst)	VT/ha (m^3)	VT/ha (mst)
1	12,7	9,2	53	1767	0,9988	33,294	6,7891	12,0167	226,3033	400,5569
2	10,3	7,5	33	1100	0,54	18,001	3,6172	6,4024	120,5733	213,4148
3	13	8,9	45	1500	0,8187	27,29	5,2538	9,2992	175,1267	309,9742
4	10,8	4,8	14	467	0,1838	6,128	1,0234	2,1696	34,1133	72,3203
5	11,3	9,3	39	1300	0,4795	15,982	3,2757	5,798	109,19	193,2663
6	8	4,4	29	967	0,2843	9,476	1,1462	2,4299	38,2067	80,9981
7	13,3	8,1	31	1033	0,6527	21,756	4,1818	7,4018	139,3933	246,7262
8	10,8	7,7	41	1367	0,5687	18,958	3,2117	5,6847	107,0567	189,4903
9	9,6	6,2	29	967	0,2919	9,731	1,4835	3,1449	49,4486	104,831
10	10,9	8,4	70	2333	0,9277	30,923	5,66	10,0182	188,6667	333,94
11	11,1	8,3	44	1467	0,6159	20,529	3,5706	6,32	119,02	210,6654
12	11,9	9,5	41	1367	0,6225	20,751	4,239	7,503	141,3	250,101
13	13,4	9,4	38	1267	0,7959	26,529	5,4309	9,6127	181,03	320,4231
14	15	9	44	1467	1,0995	36,65	7,3756	13,0548	245,8533	435,1604
15	11,8	8,8	43	1433	0,7106	23,686	4,8989	8,6711	163,2967	289,0351
16	12,4	4,9	9	300	0,2019	6,729	1,3086	2,7742	43,62	92,4744
17	8,5	3,5	26	867	0,2672	8,906	0,9975	2,1147	33,25	70,49
18	14,6	9,1	31	1033	0,8198	27,327	5,9405	10,5147	198,0167	350,4895
19	9,2	8,3	75	2500	0,5894	19,645	3,938	6,9703	131,2667	232,342
20	9,6	3,6	28	933	0,3475	11,582	1,3983	2,9644	46,61	98,8132
21	11,2	8,1	37	1233	0,6433	21,445	4,1692	7,3795	138,9733	245,9828
22	8,6	3,8	39	1300	0,3695	12,316	1,4402	3,0532	48,0067	101,7741
23	11,1	9	55	1833	0,7765	25,884	5,0179	8,8816	167,2617	296,0532
24	9,6	3,4	10	333	0,1156	3,852	0,5281	1,1196	17,6042	37,3209
25	10	8	86	2866	1,0371	34,57	6,4992	11,5035	216,6386	383,4503
26	8,5	3,2	25	833	0,2402	8,006	1,0755	2,2801	35,8502	76,0025

Parcela	DAP méd (cm)	H méd (m)	N/parc	N/ha	AB/parc (m^2)	AB/ha (m^2)	VT/parc (m^3)	VT/parc (mst)	VT/ha (m^3)	VT/ha (mst)
27	15,3	8,7	45	1500	1,1408	38,026	7,474	13,2291	249,1348	440,9686
28	7	3,6	25	833	0,1684	5,613	0,5795	1,2286	19,3175	40,9531
29	13,7	7,1	24	800	0,7561	25,204	4,5628	8,0762	152,0934	269,2054
30	11,6	8,4	40	1333	0,7383	24,61	4,9409	8,7453	164,6951	291,5104
31	12	8,4	39	1300	0,8332	27,774	5,5031	9,7406	183,438	324,6852
32	8,4	2,6	14	467	0,1489	4,964	0,5142	1,09	17,1386	36,3339
Total	-	-	1202	-	18,7842	-	117,0448	211,1926	-	-
Média	11,1	7	38	1252	0,587	19,5668	3,6577	6,5998	121,9217	219,9923

8.2.4.5 *Análise Volumétrica - ADA*

A análise volumétrica foi realizada conforme resultados do inventário florestal executado nos anos de 2017 e 2018, realizado com base no projeto de alteamento de 2017, porém as estimativas volumétricas foram atualizadas conforme a quantificação de uso do solo da ADA do novo projeto de 2019. Dessa forma, foram utilizadas as estimativas volumétricas por hectare obtidas no inventário florestal e considerada a nova área de intervenção do projeto.

Toda a área de intervenção prevista para alteamento da Barragem BR equivale a 75,6354 ha; entretanto, ocorrerá supressão vegetal em apenas 61,1944 ha, nas tipologias que apresentam rendimento lenhoso (Cerrado *stricto sensu*, FES estágio médio, Campo Sujo e Pastagem).

Estima-se um rendimento lenhoso de 3.449,3401 m³ de madeira em toda a área de intervenção.

O **Quadro 8.24** apresenta os resultados volumétricos estimados para toda a área de intervenção.

Quadro 8.24 – Estimativa do volume de madeira nas fisionomias inseridas na ADA.

Fisionomia/tipologia	Área de intervenção (ha)	Volume/ha (m³)	Volume Total (m³)	Volume Total (mst)
Cerrado ss	7,2728	34,8334	253,3360	537,0723
FES médio	9,6950	167,5395	1.624,2956	2.875,0031
Campo Sujo	24,9793	0,5194	12,9754	27,5078
Pastagem	19,2473	0,2864	5,5124	9,7569
Total	**61,1944**	**203,1787**	**1.896,1193**	**3.449,3401**

8.2.4.5.1 Produtos e subprodutos florestais

Grande parte do material explorado poderá ser utilizado como lenha para fins energéticos. Porém, na área de intervenção requerida existem indivíduos arbóreos de elevado DAP, aptos para utilização em serrarias.

Durante o inventário florestal realizado na área do empreendimento foi obtida a altura comercial das árvores de grande porte, com DAP maior que 25 cm, para quantificação do material lenhoso em tora.

Estima-se que existam 242,4545 m³ de madeira em tora apta para utilização em serraria ao longo de toda a área de intervenção, conforme apresentado no **Quadro 8.25**.

Quadro 8.25 – Estimativa de produtos florestais na ADA.

DESTINAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL LENHOSO (m³)					
	Nativa	Plantada		Nativa	Plantada
Lenha para carvão	3.206,8855		Madeira para serraria	242,4545	
Lenha de uso doméstico			Madeira para celulose		
Lenha para outros fins			Madeira para outros fins		

8.2.4.6 *Análise Estatística do Inventário - ADA*

Os resultados estatísticos do inventário florestal indicam que o erro de amostragem do inventário, considerando um nível de probabilidade de 90%, foi de 7,68%, atendendo assim ao exigido pela legislação estadual – Resolução Conjunta SEMAD/IEF 1.905 de 2013.

Quadro 8.26 – Dados estatísticos do inventário florestal.

Parâmetro	Resultado
t tabelado (10%; 31 g.l)	1,697
Média estratificada (Ym)	3,2072
Variância da média estratificada (S^2y)	0,0211
Erro-padrão da média estratificada (Sy)	0,1452
Coeficiente de variação (CV%)	25,7891
Erro de amostragem (E)	0,2463
Erro de amostragem (E%)	**7,68**

9 ATUALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO – MEIO SOCIOECONÔMICO

O diagnóstico socioeconômico do Estudo de Impacto Ambiental da BR – RT17LA008 foi elaborado com base em dados secundários obtidos em páginas da internet mantidas pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e em estudos anteriores realizados na área do Complexo de Mineração de Tapira, localizado no município homônimo de Tapira/MG, complementados por estudos específicos e interpretações de fotos. Dessa forma, este capítulo tem como objetivo atualizar e complementar o diagnóstico com dados mais recentes.

9.1.1 Desenvolvimento Humano

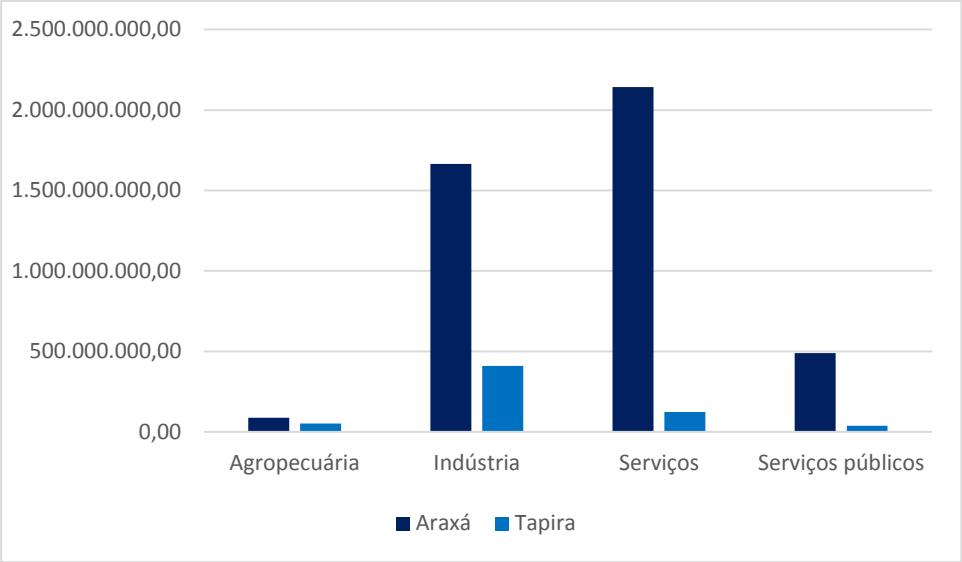
Segundo dados do IBGE (2018), o salário médio mensal no município de Araxá era de 2,9 salários-mínimos, o que levou o município à vigésima terceira melhor posição em comparação aos 853 municípios do estado de Minas Gerais. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 29,7%, 42º lugar do estado. Já em comparação com o total de cidades do país (5.570), Araxá ficava na posição 235 em relação ao salário médio mensal, e 505 em relação à proporção de pessoas ocupadas.

No que diz respeito ao município de Tapira, o salário médio mensal dos trabalhadores formais no ano de 2018 era de 4,7 salários-mínimos, superando a posição de Araxá e se posicionando na 2ª colocação no estado e 15ª do país. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 39,7%, 11ª posição do estado.

9.1.2 Indicadores de Produto Interno Bruto - PIB

De acordo com os dados divulgados pelo IBGE no ano de 2017, o PIB per capita de Araxá em 2017 foi de R$ 49.299,60, 33ª posição do estado de Minas Gerais e o 343º do Brasil. O PIB per capita de Tapira no mesmo ano foi de R$ 146.514,59, posicionando-se como sexto maior PIB per capta do estado, e 25º do país.

O PIB do município de Araxá teve como principais setores contribuintes a indústria e o setor de serviços, considerando o valor adicionado bruto a preços corrente, como se observa na **Figura 9.1**.



Fonte: IBGE, 2017.

Figura 9.1 – Contribuição dos setores no PIB (em R$).

O município de Araxá, assim como o de Tapira, apresenta um crescimento gradativo do PIB entre anos 2011 e 2017, vide **Quadro 9.1**.

Quadro 9.1 - Evolução do PIB per capita em R$.

Localidade	Araxá	Tapira
2011	30.454,92	78.617,83
2012	41.077,82	92.408,29
2013	42.591,31	106.525,35
2014	47.033,45	108.539,66
2015	47.945,40	92.307,70
2016	46.131,44	126.003,61
2017	49.299,60	146.514,59

Fonte: IBGE, 2017 e FJP/CEI, 2020.

9.1.3 Habitações

O Atlas Brasil (2017) reuniu os indicadores água encanada, esgoto e coleta de lixo para avaliar as condições dos domicílios e o **Quadro 9.2** apresenta o resultado da pesquisa no município de Araxá, Tapira e no estado de Minas Gerais.

Quadro 9.2 – Indicadores de Habitação em Araxá e Tapira em 2017.

Indicadores	Araxá	Tapira	Minas Gerais
% de domicílios com água encanada	95.82	90,91	91,82
% de domicílios com esgoto	93.77	100	78,3
% de domicílios com coleta de lixo	100	100	87.35

Fonte: Atlas Brasil (2017).

9.1.4 Educação

A rede escolar do município de Araxá, segundo dados do IBGE (2018), conta com 90 instituições de ensino e mais de 1.110 docentes para os mais de 23.000 alunos matriculados. Já o município de Tapira conta com 3 escolas e 59 docentes do ensino médio e fundamental para 724 matrículas. O **Quadro 9.3** específica a situação das instituições de ensino em Araxá.

Quadro 9.3 – Rede escolar de Araxá.

Categoria	Quantidade	Média
MATRÍCULAS	**23.005**	
Ensino infantil	5.969	
Ensino fundamental	12.954	
Ensino médio	4.082	
DOCENTES	**1.113**	**Alunos/docente**
Ensino infantil	245	24
Ensino fundamental	589	22
Ensino médio	279	15
ESCOLAS	**90**	**Alunos/escola**
Ensino infantil	46	130
Ensino fundamental	34	381
Ensino médio	10	408

Fonte: IBGE, 2018.

Dados do Atlas Brasil (2010) indicam que a proporção em Araxá de crianças de 5 a 6 anos na escola é de 97,84%; de crianças de 11 a 13 anos frequentando os anos finais do ensino fundamental é de 85,47%; a proporção de jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo é de 65,47%; e a proporção de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo é de 52,64%.

Já em Tapira, a proporção de crianças de 5 a 6 anos na escola era de 88,13%, em 2010. No mesmo ano, a proporção de crianças de 11 a 13 anos, frequentando os anos finais do ensino fundamental, era de 82,03%. A proporção de jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo era de 64,98%; e a proporção de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo era de 33,39%.

9.1.4.1 *Saúde*

A taxa de mortalidade infantil média em Araxá é de 9,25 para 1.000 nascidos vivos, segundo os últimos dados do IBGE de 2017. As internações devido a diarreias são de 0,1 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2016). Araxá está na 484ª posição de 853 municípios do estado em relação a sua taxa de mortalidade infantil média e 658ª de 853 em relação a internações devido a diarreias. Quando comparado a cidades do Brasil todo, essas posições são de 3.300 de 5.570 e 4.734 de 5.570, respectivamente. Estes dados não são apresentados para a cidade de Tapira.

9.1.4.2 *Comunicações*

O município de Araxá conta com uma diversificada rede de comunicações, incluindo emissoras de televisão, jornais, revistas, portais online e rádios. As rádios, que podem também ser

acessadas via internet, incluem a Rádio Cidade (AM), Rádio Imbiara (FM), Rádio Sucesso (FM) e Rádio Volt (FM), além de rádios afiliadas, como a Jovem Pan (FM) de Araxá.

Entre jornais impressos e online de Araxá, tem-se: Diário de Araxá, Jornal A Voz de Araxá, Jornal Araxá, Jornal Clarim, Jornal Correio de Araxá, Jornal InterAção, Diário Sintonia, Portal Araxá, Futebol de Araxá, Equipe Positiva, Na Batida do Esporte, além de sites informativos como TV Araxá, que também dispõe de um canal de "web" rádio. Ainda há portais virtuais e canais informativos sobre eventos na cidade, como o Clic Araxá, e revistas, com caráter comercial e/ou social, como a Revista Identidade, ou de caráter científico, como as publicadas pela Uniaraxá.

As emissoras de TV com sede em Araxá são a TV Integração filiada à Rede Globo (com geração de sinais para setenta e quatro municípios da região) e a TV Sintonia filiada à Rede Minas (que gera sinal para a microrregião de Araxá).

Segundo dados da Anatel (2020), o acesso à internet banda larga fixa em Araxá pode ser feito via fibra óptica (70,7%), cabos metálicos (26%), rádio (2,6%) ou via satélite (0,7%), através de empresas de sistemas de alta tecnologia como, por exemplo, a Click Telecom e a Oi. Além disso, o acesso à telefonia móvel é coberto por 5 operadoras de telefonia celular, Oi (43,2%), Vivo (24,3%), TIM (23,8%), Claro (4,8%) e Algar Telecom (3,8%), que oferecem planos de internet 2G, 3G e 4G. Por fim, segundo a Anatel (2020), o tipo de outorga de telefonia fixa predominante em Araxá é a concessão (78,5%), com acesso fornecido principalmente pela Oi (78,5%), seguido pela Algar Telecom (15,2%) e pela Claro (5,6%).

Em Tapira, encontram-se algumas rádios da cidade, como Rádio Ilha (FM), Rádio Tapira (FM), Difusora regional (AM) e Rádio Boa Nova (comunitária). Em relação aos jornais e revista, se destacam os online, como o Tapira News e a Revista Teen. A cidade conta também com a rede de telefonia celular das operadoras Oi, Claro, Tim e Vivo.

10 IMPACTOS AMBIENTAIS

Este capítulo visa atualizar os impactos ambientais em função do novo projeto de alteamento e das complementações de dados dos diagnósticos do meio físico, biótico e socioeconômico.

A análise desenvolvida neste capítulo leva em consideração três etapas, quais sejam: a *identificação*, *previsão* e *avaliação* dos impactos.

A identificação dos impactos corresponde à definição da lista dos impactos que a implantação do alteamento da Barragem de Rejeitos BR tem probabilidade de causar no meio ambiente, sem preocupação com sua magnitude ou importância.

A etapa de previsão dos impactos consiste na sua estimativa de intensidade ou magnitude. Essa análise leva em consideração a implementação e a eficiência esperada das medidas mitigadoras, bem como a suscetibilidade do meio a cada impacto identificado. Vale lembrar que muitas das medidas mitigadoras de impactos ambientais já fazem parte da rotina de operação do CMT e da BR, ou seja, são medidas consagradas entre as práticas ambientalmente corretas para as barragens de um empreendimento mineiro. Em outras palavras, os impactos descritos neste capítulo são aqueles considerados não totalmente mitigáveis e para os quais existem receptores no meio ambiente. Com esta opção de apresentação, busca-se chegar a um documento técnico mais objetivo e enxuto, evitando-se a repetição desnecessária de informações.

Finalmente, a avaliação dos impactos corresponde à atribuição de importância a cada um dos impactos analisados. Por constituir-se na etapa mais sujeita a controvérsias de todo o estudo, requer o estabelecimento de um critério de importância fundamentado na análise dos vários atributos que os caracterizam.

Os procedimentos e critérios de avaliação de impactos adotados neste estudo foram desenvolvidos pela equipe da *Multigeo - Mineração, Geologia e Meio Ambiente Ltda.* com base na legislação aplicável, em particular a Resolução Conama nº1/86, na literatura e em diversos estudos de impacto ambiental examinados. A análise dos impactos oriundos da operação da Barragem de Rejeitos do Complexo de Mineração de Tapira (CMT) considera um total de quatro atributos, descritos a seguir:

- ***Natureza*****:** refere-se ao caráter do impacto, que pode ser *benéfico* ou *adverso*.
- ***Intensidade*****:** corresponde à magnitude ou severidade do impacto, tendo em vista, por um lado, a implementação e eficiência das medidas mitigadoras e, por outro, a suscetibilidade do meio. A intensidade pode ser *baixa*, *média* ou *alta*.
- ***Abrangência*****:** indica a escala espacial de alcance do impacto. Pode ser *pontual*, caso o alcance restrinja-se ao entorno imediato da área do empreendimento; *local*, caso abranja a área da sub-bacia de drenagem local; e *regional*, caso compreenda uma região mais ampla, como, por exemplo, uma bacia hidrográfica. A escala *extrarregional*, que correspondente aos impactos sentidos em escala superior aos limites regionais, podendo chegar à escala global, que não se aplica ao caso presente.
- ***Reversibilidade*****:** diz respeito à capacidade do sistema ambiental de retomar suas condições originais (anteriores à instalação) caso cessem as ações impactantes e/ou sejam implementadas ações de recuperação. Nesse sentido, o impacto pode ser classificado em *reversível* ou *irreversível*.

A partir da escolha dos quatro atributos acima descritos, foi desenvolvido e aplicado um método que permite enquadrar os impactos em uma escala de importância que contempla cinco níveis. O estabelecimento do grau de importância objetiva conferir destaque aos impactos que deverão merecer maior atenção, bem como na concepção e execução do plano de monitoramento e controle a ser seguido.

Dos quatro atributos mencionados, um não entra na definição da importância do impacto (natureza), uma vez que se presta apenas à caracterização do impacto. Os três atributos (intensidade, abrangência e reversibilidade) foram combinados para a determinação da importância dos impactos, já que deles depende a maior ou menor significância do impacto.

O método proposto consiste na atribuição de valores numéricos às qualificações dos atributos. A escala varia de 1 a 6 para a intensidade e de 1 a 3 para abrangência e reversibilidade. A intensidade recebe, pois, peso dobrado na definição da importância, por ser considerado o ponto de partida e o atributo mais revelador da significância do impacto, além de contemplar em sua definição as medidas mitigadoras e a suscetibilidade do meio, conforme anunciado anteriormente.

O **Quadro 10.1** sintetiza as possíveis qualificações que podem ser conferidas a cada um dos atributos escolhidos para a avaliação dos impactos, bem como os valores numéricos correspondentes.

Quadro 10.1 - Grau de importância dos impactos por atributos

Atributos selecionados para avaliação dos impactos		
Intensidade	**Abrangência**	**Reversibilidade**
baixa (1 ou 2)	pontual (1)	reversível (1)
média (3 ou 4)	local (2)	
alta (5 ou 6)	regional (3)	irreversível (3)

Uma vez definida a gradação de valores, procede-se à determinação da importância do impacto, que é calculada pela **soma** dos três atributos e pode variar de 3 (valor mínimo) a 12 (valor máximo). A escala numérica de importância é, então, convertida em uma escala qualitativa de cinco níveis, que podem ser expressos por um número, uma qualificação ou por uma cor, como mostra o **Quadro 10.2.**

Quadro 10.2 - Escalas de avaliação da importância dos impactos

Escala numérica	Escala quantitativa	Representação por cores
3 a 4	*muito pouco relevante*	
5 a 6	*pouco relevante*	
7 a 8	*medianamente relevante*	
9 a 10	*relevante*	
11 a 12	*muito relevante*	

Na sequência deste capítulo, são descritos e avaliados os impactos que o alteamento da Barragem de Rejeitos BR pode causar sobre os meios físico, biótico e socioeconômico,

aplicando-se o método de avaliação apresentado. Um quadro síntese é apresentado no final do capítulo e embasa a análise integrada dos impactos ambientais desencadeados ou potencializados pelo empreendimento.

É importante destacar que o Complexo de Mineração de Tapira (CMT), bem como sua Barragem de Rejeitos BR, já encontra-se instalado e em operação há várias décadas e os principais impactos ambientais a ele associados - benéficos e adversos - já ocorreram.

10.1 IMPACTOS SOBRE O MEIO FÍSICO

Neste item são analisados os impactos sobre a qualidade das águas e os que incidem sobre sua dinâmica; os relativos ao solo e ao relevo, à qualidade do ar e aos ruídos. Enfim, os impactos gerados ou potencializados pelo alteamento da BR que atingem setores da hidrosfera, da atmosfera e da litosfera.

10.1.1 Alteração da Carga de Poluentes nas Águas Superficiais e subterrâneas

As obras civis necessárias para implementar o alteamento do maciço podem acarretar a geração de poluentes sólidos carreados pelas águas pluviais que, ao atingir os corpos d'água, causariam aumento de turbidez, sólidos em suspensão e assoreamento. Como serão implementados sistemas provisórios de controle da drenagem local neste período do projeto o impacto foi classificado como pouco relevante pelo EIA.

Para minimizar esse efeito, durante as obras, serão implantados sistemas provisórios de controle da drenagem local, até que as atividades previstas para o alteamento da barragem terminem.

A intensidade do impacto na implantação foi considerada baixa devido as medidas de controle previstas e a abrangência local, já que a alteração da qualidade da água (principalmente por material carreado de áreas descobertas) pode ser sentida em corpos d'água a jusante do empreendimento. Foi considerado reversível, pois uma vez cessadas as obras e corrigidos eventuais focos de erosão, o impacto deixa de existir.

Já na operação normal do empreendimento, considera-se que o mesmo tem pouco potencial para aumento das taxas de poluentes nas águas, já que os sedimentos ficam retidos na barragem.

A fim de mitigar/controlar esse impacto, é proposta a continuação do ***Programa de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas***, já implantado e em operação na Mosaic Fertilizantes, visando verificar a eficácia dos sistemas de contenção de sedimentos implantados no empreendimento, e a implantação do ***Plano de Recuperação de Áreas Degradadas***.

Natureza	adverso
Intensidade	*baixa (2)*
Abrangência	*local (2)*
Reversibilidade	*reversível (1)*
Importância	*pouco relevante (5)*
Fase de ocorrência	*Implantação/ Operação*

10.1.2 Aumento das Taxas de Erosão

O alteamento da Barragem BR tem potencial de progredir seus processos erosivos devido, principalmente, a remoção da camada de vegetação existente no local. No entanto, segundo os programas de controle do impacto o EIA classifica o processo como pouco relevante.

A intensidade do impacto durante a implantação (obras do alteamento) foi considerada média, já que há meios de controle de erosão nas obras e na conclusão das mesmas. A abrangência foi considerada pontual, pois só ocorre nos locais de movimentação de solo e reversível, uma vez que cessadas as obras e corrigidos eventuais focos de erosão, o impacto deixa de existir.

Já na operação, considera-se que há pouco potencial para aumento das taxas de erosão.

O controle do impacto aqui descrito será feito através da implantação do ***Programa de Gestão Ambiental do Empreendimento,*** e sua eficácia monitorada através do ***Programa de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas*** e do ***Programa de Monitoramento Geotécnico***, ambos já implantados e em operação na Mosaic Fertilizantes.

Natureza	adverso
Intensidade	*média (3)*
Abrangência	*local (1)*
Reversibilidade	*reversível (1)*
Importância	*pouco relevante (5)*
Fase de ocorrência	*Implantação/ Operação*

10.1.3 Alteração da Qualidade do Ar

O relatório de Estudo de Impacto Ambiental BR - RT17LA008 ressalta que o projeto de alteamento pode gerar impactos significativos devido ao aumento da quantidade de material particulado em suspensão, proveniente das atividades de movimentação de solo, da utilização de vias não pavimentadas para circulação de veículos e pelo aumento de gases emitidos pelos motores a combustão dos caminhões e máquinas que operam e circulam na área. No entanto, o Diagnóstico Ambiental, no item Qualidade do Ar, mediu os níveis de partículas totais em suspensão (PTS) em dois pontos situados no entorno da área de projeto e os resultados foram classificados como qualidade “boa” e atenderam aos limites da Resolução Conama nº 3/90. Sendo assim, a alteração da qualidade do ar foi classificada como pouco relevante.

A intensidade do impacto é considerada média, pois embora haja geração de poeiras nas obras, as medidas de controle permitem mitigar o impacto. A abrangência é local, pois o material particulado se dispersa por ação dos ventos para áreas fora do empreendimento. É considerado reversível, pois cessa com a conclusão das obras.

O limite de velocidade dos veículos, umectação das vias de acesso e revegetação das áreas de configuração final são medidas propostas no ***Programa de Gestão Ambiental do Empreendimento*** que contribuirão para diminuir a dispersão e a carga de poluentes no ar.

Natureza	adverso

Intensidade	*média (3)*
Abrangência	*local (2)*
Reversibilidade	*reversível (1)*
Importância	*pouco relevante (6)*
Fase de ocorrência	*Implantação*

10.1.4 Alteração dos Níveis de Ruído

Várias operações desenvolvidas durante a implantação do projeto de Alteamento da Barragem de Rejeitos (BR) contribuem para o aumento dos níveis de ruído ambiente, como o tráfego dos caminhões e a operação de máquinas e equipamentos.

A intensidade dos impactos causados por ruídos de um empreendimento depende não somente dos níveis de pressão sonora emitidos na fonte, mas também da distância entre o ponto de geração e o de recepção e, ainda, das condições de atenuação existentes no percurso.

Conforme apresentado no Diagnóstico Ambiental, as medições efetuadas nos seis pontos mostraram que os níveis de ruído estão em conformidade com o estabelecido pela Lei Estadual nº 10.100/90 e pela Resolução Conama nº 01/90, para os períodos diurno e noturno.

É um impacto que ocorrerá somente na fase de implantação (obras).

A intensidade do impacto pode ser considerada baixa, porém pode ser reclassificada, caso no decorrer da obra o monitoramento indique alterações fora dos padrões aceitos. A abrangência é local, considerando que áreas externas ao empreendimento possam perceber alterações dos níveis do ruído decorrente das obras. É reversível, pois cessa com o término das obras

Como medidas para mitigação deste impacto, está prevista a manutenção preventiva de veículos e equipamentos envolvidos nas operações de implantação e operação do projeto, assim como o estabelecimento de limites de velocidade, previstos no ***Programa de Gestão Ambiental do Empreendimento***. A eficácia dessas medidas será monitorada através do ***Programa de Monitoramento dos Níveis de Ruído,*** já implantado no CMT**.**

Natureza	adverso
Intensidade	*baixa (2)*
Abrangência	*local (2)*
Reversibilidade	*reversível (1)*
Importância	*pouco relevante (5)*
Fase de ocorrência	*Implantação*

10.1.5 Aumento da Instabilidade Geotécnica

Em projetos de alteamento de barragens podem ocorrer instabilidades geotécnicas. Todavia, estudos prévios de investigações geotécnicas deram subsídios suficientes para uma análise de estabilidade satisfatória.

A intensidade do impacto de aumento da instabilidade geotécnica foi considerada média devido aos controles efetuados. A abrangência é local, pois podem atingir o entorno do empreendimento. É considerado irreversível, pois dependendo do nível de instabilidade e tempo de resposta, pode não ser possível reverter a situação para a estabilidade novamente.

Ressalta-se que essa avaliação é direcionada às condições normais, não levando em conta cenários acidentais, como rompimento de barragens e seus efeitos a jusante das mesmas.

Para monitoramento do maciço do aterro, está prevista a continuidade do ***Programa de Monitoramento Geotécnico***.

Natureza	adverso
Intensidade	*média (3)*
Abrangência	*pontual (2)*
Reversibilidade	*reversível (1)*
Importância	*pouco relevante (6)*
Fase de ocorrência	*Implantação/Operação*

10.2 IMPACTOS SOBRE O MEIO BIÓTICO

O alteamento da barragem acarreta uma série de transformações ao meio ambiente da área explorada e de seu entorno. Essas transformações afetam as populações de várias espécies animais e vegetais que compõem a biota local e regional. Estas espécies coexistem em equilíbrio, ocorrendo entre elas diversas interações que agem como reguladoras destas populações.

10.2.1 Redução de Áreas de Vegetação Nativa

Dentro da área diretamente afetada (ADA) do empreendimento, existe um mosaico vegetacional com diferentes classes de uso do solo, que são listadas a seguir.

Tipologia/classe de uso	Em APP (ha)	Fora de APP (ha)	Área (ha)	%
Área alagada	0,0000	0,7689	0,7689	1,0%
Barramento	0,0000	5,2618	5,2618	7,0%
Brejo/área úmida	0,1661	0,0000	0,1661	0,2%
Campo limpo	0,2555	7,3409	7,5964	10,0%
Campo Sujo	0,0073	24,9720	24,9793	33,0%
Cerrado stricto sensu	0,0760	7,1968	7,2728	9,6%
Estrada	0,0017	0,6461	0,6478	0,9%
FES estágio médio	3,2860	5,6867	9,6950	12,8%
Pastagem	0,1708	19,0765	19,2473	25,4%
Total	**3,9634**	**70,9497**	**75,6354**	**100%**

A diminuição de áreas com vegetação natural, em si, já se configura como um impacto significativo, sendo ainda responsável diretamente pela fragmentação florestal, alteração da paisagem, perda de biodiversidade, impacto visual e problemas relacionados à falta de proteção do solo.

A redução de áreas de vegetação natural de Floresta Estacional Semidecidual (FES), Cerrado *stricto sensu*, Campo limpo e Campo sujo é considerada impacto de maior relevância. Por outro lado, as áreas como pastagens, estradas, barramento não se constituem em ambientes biologicamente relevantes.

Os fragmentos mais significativos são de Floresta Estacional Semidecidual (FES) em estágio médio de regeneração, pois possuem grau de conservação mais elevado que os demais fragmentos e correspondem a 12,8% da área diretamente afetada do empreendimento.

O impacto ocorrerá na fase de implantação do empreendimento, embora feitos secundários possam persisitir ao longo do tempo. A intensidade do impacto foi considerada alta devido às grandes extensões de hábitats a serem suprimidas. A abrangência é pontual, pois se limita às áreas suprimidas, embora possa haver efeitos secundários sobre as áreas remanescentes. É considerado irreversível, já que as os hábitats das áreas suprimidas são perdidos, ainda que possa haver a compensação posterior.

A fim de mitigar/compensar este impacto, é proposto o ***Programa de Compensação Ambiental*** e o ***Programa de Limpeza da Área de Inundação e de Coleta de Material Vegetativo***.

Natureza	adverso
Intensidade	*alta (6)*
Abrangência	*pontual (1)*
Reversibilidade	*irreversível (3)*
Importância	*relevante (10)*
Fase de ocorrência	*Implantação*

10.2.2 Diminuição de Indivíduos de Espécies Ameaçadas de Extinção da Flora e Áreas de Preservação Permanente (APP)

Com a supressão na área diretamente afetada pelo empreendimento, haverá a perda local de indivíduos da flora ameaçados de extinção.

De acordo com os levantamentos realizados na ADA do empreendimento, foram identificadas cinco espécies ameaçadas de extinção ou imunes ao corte, são elas: *Handroanthus serratifolius, Tabebuia ochracea, Tabebuia aurea, Cedrela fissilis* e *Euterpe edulis.*

Por haver supressão de vegetação, a contrapartida à alteração promovida será pela via da compensação, promovendo-se um ***Programa de Compensação Ambiental*** em áreas a serem definidas posteriormente entre a Mosaic Fertilizantes e o órgão ambiental.

O impacto ocorrerá na fase de implantação do emprendimento. A intensidade do impacto é considerada alta e a abrangência é pontual já que se limita somente aos indivíduos e áreas de APP suprimidos. É considerado irreversível, ainda que parcialmente mitigável pela compensação.

Como medida mitigadora para este impacto, é proposta a execução do ***Programa de Limpeza da Área de Inundação e de Coleta de Material Vegetativo*** que visará a coleta de sementes dos indivíduos ameaçados de extinção suprimidos, para produção de mudas e posterior plantio de enriquecimento em outras áreas. Este programa também realizará o salvamento de epífitas, propágulos vegetativos ou indivíduos que se encontram na área de supressão, para posterior colocação em área compensatória. Também estão previstos os programas de Compensação de acordo com diretrizes legais estaduais

Natureza	adverso
Intensidade	*alta (5)*
Abrangência	*pontual (1)*
Reversibilidade	*irreversível (3)*
Importância	*relevante (9)*
Fase de ocorrência	*Implantação*

10.2.3 Alteração das Comunidades Vegetais Remanescentes

Com a supressão de fragmentos florestais alguns ambientes ficarão susceptíveis aos efeitos de borda. As bordas dos fragmentos possuem características florísticas bem distintas em relação ao interior dos fragmentos, pois são áreas mais expostas a perturbações externas e geralmente são dominadas por espécies pioneiras, cipós, trepadeiras e possuem uma maior taxa de mortalidade. Dessa forma, após as ações de desmate, possivelmente ocorrerá uma modificação das espécies vegetais nas áreas de bordas criadas nos remanescentes desmatados.

O alteamento da barragem acarretará em elevação do nível do lençol freático e consequente alteração da umidade do solo nas áreas adjacentes. Além disso, algumas áreas não sujeitas a inundações poderão ficar susceptíveis ao alagamento após o alteamento. Apesar de algumas espécies vegetais apresentarem maior resistência ou tolerância a solos encharcados, principalmente espécies características de ambientes ciliares, muitas não se adaptam a solos com excesso de umidade e poderão morrer se submetidas a situações de estresse hídrico.

Desta forma, alguns fragmentos parcialmente desmatados ficarão expostos aos efeitos de borda e possivelmente ao redor do reservatório ocorrerá uma substituição das espécies herbáceas e arbóreas adaptadas a condições xeromórficas por espécies adaptadas a condições com maior disponibilidade hídrica.

O impacto ocorrerá na fase de implantação e também perdurará nas fases de operação e desativação em função dos efeitos duradouros. A intensidade é baixa e a abrangência é local, já que afeta comunidades florestais próximas ao empreendimento. É considerado irreversível.

Como forma de compensação a este impacto, é proposto o ***Programa de Implantação e Manutenção de Unidades de Conservação***.

Natureza	adverso
Intensidade	*baixa (2)*
Abrangência	*local (2)*
Reversibilidade	*irreversível (3)*
Importância	*medianamente relevante (7)*
Fase de ocorrência	*Implantação/Operação/Desativação*

10.2.4 Perda de Indivíduos da fauna

As ações de supressão da vegetação, remoção da camada superficial do solo, a circulação de pessoas e máquinas (veículos), a geração de ruídos e poeiras, a possibilidade de ocorrência das atividades de caça pela facilitação do acesso aos fragmentos preservados podem provocar, diretamente, a perda de indivíduos da fauna ou fuga para áreas vizinhas e ainda, indiretamente, pela perda de hábitats e recursos naturais. O conceito de perda, portanto, engloba tanto a morte dos indivíduos como sua fuga para outras áreas.

Vale também mencionar que esta perda de indivíduos da fauna pode incluir também exemplares de espécies em extinção, mencionadas no diagnóstico de fauna.

A área diretamente afetada pelo projeto de alteamento está próxima de fragmentos de mata e Cerrado remanescentes, o que facilita a fuga da fauna, mas favorece a geração de outro impacto, ou seja, a alteração na estrutura faunística destes fragmentos.

Considerando que as dinâmicas da vegetação e da fauna estão inter-relacionadas, qualquer alteração sobre a vegetação terá consequências sobre a fauna.

A fauna que ocupa os fragmentos adjacentes pode utilizar as áreas do empreendimento em períodos de menor atividade. Após cada período de inatividade, no início da movimentação de máquinas podem ocorrer novamente fugas da fauna para áreas adjacentes e até mesmo a perda de indivíduos por atropelamento. O controle de velocidade é uma medida que pode reduzir as possibilidades de atropelamento.

Durante a etapa de supressão da vegetação e o decapeamento do solo recomenda-se a execução da supressão em mosaicos e, antes de iniciar os trabalhos, ligar as máquinas agrícolas e motosserras por alguns minutos, com o objetivo de incentivar a fuga espontânea de animais.

O impacto ocorrerá na fase de implantação do empreendimento. A intensidade é considerada alta e a abrangência local, pois pode ocorrer em locais próximos, além dos locais de supressão vegetal. É considerado irreversível já que as perdas são permanentes.

Será implementado um ***Programa de Afugentamento e Resgate da Fauna Silvestre*** durante a fase de implantação do empreendimento, assim como o ***Programa de Performance Social.*** O controle de velocidade é uma medida que pode reduzir as possibilidades de atropelamento.

Natureza	adverso
Intensidade	*alta (5)*
Abrangência	*local (2)*
Reversibilidade	*irreversível (3)*
Importância	*relevante (10)*
Fase de ocorrência	*Implantação*

10.2.5 Perturbação da fauna em locais adjacentes

Este item trata do impacto relativo à perturbação da fauna de áreas adjacentes. Como levantado anteriormente, a perda de hábitats tem como consequência a alteração da dinâmica do fragmento remanescente, que pode iniciar um processo de declínio populacional da vegetação ou predomínio de espécies que se beneficiam da nova situação. A fauna destes remanescentes florestais poderá se tornar comprometida da mesma forma que a vegetação, uma vez que ambas estão estreitamente relacionadas. O efeito de borda também ocasionará alterações microclimáticas que podem alterar a estrutura das comunidades presentes nos fragmentos.

Este impacto ocorrerá em todas as fases do empreendimento, uma vez que o início das atividades com a supressão vegetal e remoção do solo causará a fuga, principalmente da fauna de médio a grande porte de mamíferos e aves. A entrada de novos indivíduos em busca de abrigo nas áreas adjacentes terá como consequência imediata a desestruturação da comunidade destas áreas.

A fauna já abrigada nas áreas adjacentes ao empreendimento também sofrerá impacto com relação à movimentação de pessoas e máquinas nas áreas, ou seja, pelos incômodos do aumento de ruído e poeira. Este impacto será mais intenso durante a fase de implantação, quando ocorrer a supressão da vegetação.

As atividades de caça poderão aumentar devido ao aumento de movimentação da fauna durante as operações de supressão. Ressalta-se que as atividades de caça dentro da propriedade do CMT é algo improvável, mas em propriedades adjacentes, embora ilegal, é possível que aconteça. Para mitigação deste impacto relacionado à caça, está previsto o ***Programa de Performance Social.***

A intensidade do impacto foi considerada média e abrangência local, já que ocorrerá em locais próximos além da área de supressão. É considerado reversível.

O ***Programa de Compensação Ambiental*** em áreas a serem definidas posteriormente entre a Mosaic Fertilizantes e o órgão ambiental também mitiga, ainda que de forma gradual e paulatina, o impacto sobre as populações faunísticas em locais adjacentes, uma vez que aumenta a disponibilidade de hábitats.

Natureza	adverso
Intensidade	*média (4)*
Abrangência	*local (2)*

Reversibilidade	*reversível (1)*
Importância	*Medianamente relevante (7)*
Fase de ocorrência	*Implantação/ Operação*

10.3 IMPACTOS SOBRE O MEIO SOCIOECONÔMICO

Neste item são analisados os impactos incidentes sobre a qualidade de vida da população dos municípios de Tapira e Araxá e os que representam danos ao patrimônio arqueológico regional.

10.3.1 Alteração visual da paisagem

O impacto visual ocorre quando as alterações promovidas na paisagem (supressão de vegetação, alteração da topografia etc.) afetam áreas com dimensão e posicionamento tais que as tornam visíveis e contrastantes com a harmonia paisagística do entorno, sendo vistas em áreas exteriores ao empreendimento, seja em núcleos urbanos ou em determinados trechos de estradas. Tal impacto pode afetar negativamente o patrimônio paisagístico, histórico e turístico local.

Como o projeto de Alteamento da Barragem de Rejeitos (BR) ocorrerá dentro do Complexo de Mineração Tapira, que já é uma área explorada atualmente, tal impacto é pouco significativo, sendo o impacto visual da paisagem praticamente imperceptível se comparado ao cenário atual. Conforme descrito na Caracterização do Empreendimento, há a previsão de supressão de 75,64 ha; contudo, tal supressão não amplia a visibilidade de fora da propriedade da Mosaic Fertilizantes.

O impacto ocorrerá nas fases de implantação e operação. A intensidade é considerada baixa e a abrangência é local já que a visualização pode ser possível a partir de pontos fora da área do empreendimento. É irreversível, ao menos nas fases de implantação e operação.

Considerando o número reduzido de possíveis observadores, este impacto pode ser considerado de baixa importância. Além disso, as áreas degradadas serão reconformadas conforme o ***Plano de Recuperação de Áreas Degradadas.***

Natureza	adverso
Intensidade	*baixa (1)*
Abrangência	*local (2)*
Reversibilidade	*irreversível (3)*
Importância	*pouco relevante (6)*
Fase de ocorrência	*Implantação/Operação*

10.3.2 Geração e manutenção de empregos e receitas

O projeto de Alteamento da Barragem de Rejeitos (BR) é um elemento necessário para a continuidade do aproveitamento dos recursos minerais presentes na área, e os impactos positivos associados a ele são os impactos positivos associados à continuidade da atividade

do Complexo de Mineração de Tapira (CMT), quais sejam: fornecer matéria-prima de suma importância para a agricultura do país, manutenção de empregos e de receitas tributárias em âmbito local e regional.

A intensidade do impacto é considerada alta devido à geração de receitas e empregos. A abrangência é regional, considerando a grande importância regional do empreendimento como um todo.

Natureza	Benéfico
Intensidade	*alta (6)*
Abrangência	*regional (3)*
Reversibilidade	*reversível (1)*
Importância	*relevante (10)*
Fase de ocorrência	*Implantação/Operação*

10.4 QUADRO SÍNTESE DOS IMPACTOS

Para a análise dos impactos ambientais do alteamento da Barragem de Rejeitos BR, levou-se em consideração todas as ações e atividades previstas para a implantação e operação destes. Em geral, as intervenções ocasionadas pelo alteamento afetam direta e indiretamente os meios físico, biótico e socioeconômico. Para a avaliação do grau de impacto ambiental da atividade como um todo, foram descritos os prováveis impactos ambientais de maiores significâncias, conforme apresentado no **Quadro 10.3**.

Importante salientar que grande parte das medidas indicadas já são contemplada pelos atuais Programas Ambientais de Monitoramento da Mosaic Fertilizantes.

Quadro 10.3 - Síntese dos impactos, seus atributos e programas associados

Meio	Impactos	Atributos (1)				Fases de ocorrência (2)	Programas Associados	Importância
		NAT	INT	ABR	REV			
FÍSICO	Alteração da carga de poluentes nas águas superficiais e subterrâneas	A	2	2	1	I/O	• Programa de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas • Plano de Recuperação de Áreas Degradadas	Pouco Relevante (5)
	Aumento das taxas de erosão	A	3	1	1	I/O	• Programa de Gestão Ambiental do Empreendimento • Programa de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas •Programa de Monitoramento Geotécnico	Pouco Relevante (5)
	Alteração da qualidade do ar	A	3	2	1	I	• Programa de Gestão Ambiental do Empreendimento	Pouco Relevante (6)
	Alteração dos níveis de ruído	A	2	2	1	I	• Programa de Gestão Ambiental do Empreendimento • Programa de Monitoramento dos Níveis de Ruído	Pouco Relevante (5)
	Aumento da instabilidade geotécnica	A	3	2	1	I/O	•Programa de Monitoramento Geotécnico	Pouco Relevante (6)

Meio	Impactos	Atributos (1)				Fases de ocorrência (2)	Programas Associados	Importância
		NAT	INT	ABR	REV			
BIÓTICO	Redução de áreas de vegetação nativa	A	6	1	3	I	•Programa de Limpeza da Área de Inundação e de Coleta de Material Vegetativo •Programa de Compensação Ambiental	Relevante (10)
	Diminuição de espécies ameaçadas de extinção da flora e Áreas de Preservação Permanente (APP)	A	5	1	3	I	•Programa de Limpeza da Área de Inundação e de Coleta de Material Vegetativo •Programa de Compensação Ambiental	Relevante (9)
	Alteração das comunidades vegetais remanescentes	A	2	2	3	I/O/D	•Programa de Implantação e Manutenção de Unidades de Conservação	Medianamente Relevante (7)
	Perda de indivíduos da fauna	A	5	2	3	I	• Programa de Afugentamento e Resgate da Fauna Silvestre • Programa de Performance Social	Relevante (10)
	Perturbação da fauna em locais adjacentes	A	4	2	1	I/O	• Programa de Compensação Ambiental • Programa de Performance Social	Medianamente Relevante (7)
SOCIO ECONÔMICO	Alteração visual da paisagem	A	1	2	3	I/O	• Plano de Recuperação de Áreas Degradadas	Pouco Relevante (6)
	Geração e manutenção de empregos e receitas	B	6	3	1	I/O	Não se aplica	Relevante (10)

(1) Atributos: NAT – Natureza: A (Adverso) ou B (Benéfico);
INT – Intensidade: baixa (1 ou 2), média (3 ou 4) ou alta (5 ou 6);
ABR – Abrangência: pontual (1), local (2) ou regional (3); e
REV – Reversibilidade: reversível (1) ou irreversível (3).

(2) Fases de ocorrência: I – Implantação, O – Operação, D - Desativação

11 PLANO BÁSICO AMBIENTAL – AÇÕES GERENCIAIS

O Complexo de Mineração de Tapira entrou em operação no final dos anos 70 e seu projeto incorpora numerosas medidas de mitigação de impactos ambientais e de monitoramento ambiental, implantadas no início das atividades ou ao longo desses 40 anos de produção, à medida que se constatava sua necessidade.

Com relação ao projeto de Alteamento da Barragem de Rejeitos (BR), objeto deste licenciamento, estão previstas diversas medidas mitigadoras específicas e monitoramentos que afiram a eficiência das ações gerenciais adotadas no Plano Básico Ambiental.

Algumas dessas medidas foram concebidas para a mitigação de impactos específicos, mas a maior parte compõe um conjunto de ações que têm a finalidade de controlar e atenuar os danos que o empreendimento pode causar aos meios físico, biótico e socioeconômico, vistos como um todo.

Além das medidas mitigadoras e compensatórias, será implementado um programa de monitoramento, cujo propósito principal é aferir o acerto das previsões feitas neste estudo, tanto com relação à ocorrência dos impactos previstos, como no tocante à eficiência das medidas ambientais projetadas. Assim, o planejamento e a execução de um programa de monitoramento adequado são de suma importância, pois seus resultados poderão implicar na proposição de novos estudos, novas medidas mitigadoras ou alterações nas medidas propostas.

11.1 MEDIDAS MITIGADORAS E COMPENSATÓRIAS

11.1.1 Programa de Gestão Ambiental do Empreendimento

Tendo em vista os impactos socioambientais que podem ser gerados pelo alteamento da Barragem de Rejeitos BR, o Programa de Gestão Ambiental constitui-se em um conjunto de medidas e procedimentos de gestão associados aos aspectos ambientais. A aplicabilidade dessas ações é realizada em quatro áreas: emissões do tráfego de veículos e movimentações em áreas não pavimentadas; controle e manutenção de máquinas, veículos e equipamentos; ações de controle e gestão dos resíduos sólidos; trafegabilidade; e sinalização viária e sistema de drenagem de águas pluviais e bacias de decantação provisórias.

Dessa forma, o programa prevê estabelecer ações de controle e supervisão ambiental das obras, integradas aos procedimentos técnicos de engenharia, objetivando minimizar os impactos ambientais e estabelecer procedimentos técnico-gerenciais e mecanismos de acompanhamento para garantir a implementação das ações de controle ambientais. Além disso, como meta o programa também inclui minimizar as ocorrências de reclamações pela população da área de influência direta e de não-conformidades e impactos ao meio ambiente durante a execução das obras, com auxílio de uma equipe qualificada, um projeto estruturado e indicadores para acompanhar sua eficácia.

11.1.1.1 *Manutenção Preventiva de Veículos e Equipamentos*

A manutenção preventiva de equipamentos e veículos contribui para a mitigação da contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, uma vez que previne vazamentos de combustíveis e lubrificantes. Devem ser verificadas periodicamente as partes que podem apresentar vazamentos, como o tanque de combustível e o cárter. Além das inspeções nos veículos e equipamentos em si, devem ser observados sistematicamente seus locais de parada em busca de indícios visuais de vazamentos no piso ou solo.

A manutenção periódica, principalmente quando envolve troca de óleo, deve ser feita em locais apropriados, dotados de piso impermeabilizado e sistema de tratamento de efluentes oleosos.

Além de contribuir para evitar a contaminação do solo, a manutenção periódica de veículos e equipamentos é importante para a prevenção da emissão de gases de combustão e fumaças. Para tanto, deve contemplar a regulagem periódica dos motores sempre que houver indícios de motores desregulados, além de se executar o monitoramento de fumaça preta.

Os itens ligados à segurança e desempenho também devem ser contemplados na manutenção periódica de veículos e equipamentos.

11.1.1.2 *Limitação da velocidade dos veículos*

O limite de velocidade nas vias de circulação do empreendimento será controlado, de modo a atenuar a emissão de poeira e reduzir o risco de atropelamento da fauna em deslocamento.

11.1.1.3 *Umectação de vias de circulação*

Em épocas de menor incidência de chuvas (maio a setembro), visando reduzir a emissão de poeiras fugitivas, deve-se promover a umectação das vias de circulação e pontos de carga e descarga do minério e estéril, utilizando para tanto caminhão-pipa dotado de aspersores de água.

11.1.1.4 *Gestão de Resíduos Sólidos*

Atualmente, encontra-se implantado na Mosaic Fertilizantes um Programa de Gestão de Resíduos Sólidos, que possui como objetivo conduzir, de forma adequada, a coleta, estocagem primária, o transporte, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos gerados no empreendimento. Este programa possui como principais diretrizes:

- A classificação dos resíduos sólidos gerados seguindo a norma brasileira da ABNT - NBR 10.004/2004;
- Realização e manutenção do inventário de resíduos, em atendimento à Resolução Conama n° 313/ 2002;
- Identificação e implementação de alternativas de minimização da geração de resíduos, e atualização do inventário e do banco de dados por meio de relatório anual específico, sempre que uma ação de minimização for implementada;
- Identificação de alternativas de reutilização interna dos resíduos, considerando-se a viabilidade técnica e econômica de reúso e, também, o transporte dos mesmos;

- Identificação de empresas reprocessadoras de resíduos, observando-se as instruções corporativas específicas para os processos de qualificação e homologação de fornecedores;
- Segregação, coleta seletiva e estocagem temporária, realizadas de forma adequada;
- Treinamento e conscientização dos colaboradores.

O Plano de Gestão de Resíduos Sólidos será mantido durante as fases de implantação e operação do empreendimento, visando garantir a correta gestão dos resíduos gerados.

11.1.1.5 *Sistema de drenagem de águas pluviais e bacias de decantação provisórias*

Para minimização dos impactos relacionados à erosão será construído um sistema de drenagem de águas pluviais e decantação provisório para captação do escoamento superficial proveniente das áreas em solo exposto.

A execução deste sistema deverá seguir as normas e legislações pertinentes e se basear nas características locais de topografia do terreno, além de respeitar o projeto de canteiro de obras. Deve ainda garantir declividade mínima nas canaletas que permita o escoamento e direcionamento adequados das águas para as bacias de decantação temporárias, mas ao mesmo tempo mantendo controlado o grau de erosão do solo das canaletas pelas águas pluviais.

A saída das bacias de decantação deverá prever o encaminhamento das águas pluviais diretamente para as drenagens naturais, de forma a permitir o pleno escoamento das águas e minimizando qualquer alteração nos regimes de vazões nos cursos d'água locais.

Deverá ainda ser implantado um cronograma de monitoramento do sistema de modo a garantir seu adequado funcionamento durante a fase de obras.

11.1.2 Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

A *recuperação* de áreas degradadas parte da premissa de que haverá o retorno das áreas a um estado de utilização pré-estabelecido, em condição de equilíbrio autossustentável, em harmonia com o entorno e sem rupturas de suas características gerais. De tal maneira, a *recuperação* é empregada genericamente para definir o processo que visa a um novo uso da área degradada, que pode ser diferente de sua condição original. Na lei mencionada acima, este termo designa a "*restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada*", independentemente das condições originais da área.

As ações no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas incluem a drenagem da estrutura (esgotamento do lago) por meio da construção de vertedouro em terreno natural (dependendo da topografia), implantação de um sistema de drenagem superficial e a revegetação (para minimizar processos erosivos) e reconformação do terreno local, com manutenção das áreas recuperadas.

As etapas de execução guiam o projeto para atingir as metas, que consistem em garantir: a pronta implantação do plano em 100% das áreas disponibilizadas para recuperação; a sobrevivência da maioria das mudas nos plantios nas áreas em recuperação; e ao final do programa, o ambiente recuperado deve alcançar um estágio em que seja capaz de se regenerar naturalmente e avançar em estágios sem a necessidade de intervenções periódicas.

11.1.3 Programa de Compensação Ambiental

Como medida de mitigação e compensação dos impactos de redução de áreas de vegetação nativa em estágio médio de regeneração (Mata Atlântica), intervenção em áreas de preservação permanente (APP) e diminuição de espécies ameaçadas de extinção da flora, deverá ser executado um reflorestamento compensatório.

As compensações florestais aplicáveis ao estudo são detalhadas no PCA do empreendimento e podem ser visualizadas resumidamente a seguir.

11.1.3.1 Compensação por intervenção em vegetação nativa em estágio médio de regeneração (Mata Atlântica)

O alteamento do reservatório será responsável pela supressão de 9,6950 hectares de Floresta Estacional Semidecidual (FES) em estágio médio de regeneração.

A área de intervenção contendo FES está localizada no Bioma Cerrado, mas é uma fitofisionomia associada ao Bioma Mata Atlântica, cujas normas para utilização e proteção da vegetação nativa do bioma são estabelecidas na Lei Federal 11.428/06 e Decreto 6.660/08.

O mapa da área de aplicação da Lei 11.428 de 2006 delimita as áreas abrangidas pela lei da Mata Atlântica e define que no Bioma Cerrado as seguintes formações florestais nativas (disjunções) são abrangidas pela Lei 11.428/06: Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Refúgios Vegetacionais.

De acordo com o mapa da área de aplicação da Lei 11.428 de 2006, o local de intervenção requerido encontra-se fora dos limites abrangidos pela Lei da Mata Atlântica.

Entretanto, segundo artigo 45 da Lei Estadual 47.749/19, estão sujeitas ao regime jurídico dado à Mata Atlântica, todas as tipologias de vegetação natural que ocorrem integralmente no bioma, bem como as disjunções vegetais existentes.

Sendo assim, deve-se efetuar a devida compensação por supressão de vegetação nativa (FES médio) associada ao bioma Mata Atlântica.

11.1.3.2 Compensação por intervenção em áreas de preservação permanente (APP)

O alteamento do reservatório será responsável pela intervenção em áreas de preservação permanente, totalizando 3,96 ha em APP. A compensação por esta intervenção deverá seguir as diretrizes da Lei Estadual nº 47.749/19, que dispõe na Subseção IV sobre a compensação por intervenção em APP.

11.1.3.3 Compensação por supressão de indivíduos ameaçados de extinção/imunes ao corte

As espécies ameaçadas de extinção e imunes ao corte encontradas na área foram *Handroanthus serratifolius, Tabebuia ochracea, Tabebuia aurea, Cedrela fissilis* e *Euterpe edulis.*

A compensação pela supressão de indivíduos ameaçados de extinção e imunes ao corte deve seguir as diretrizes da Lei Estadual 47.749/19 e Lei nº 20.308/2012.

Segundo a Lei 20.308/12, para cada árvore abatida de ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius, Tabebuia ochracea* e *Tabebuia aurea,)* a ser suprimida é exigido que se plante de uma a cinco mudas catalogadas e identificadas do ipê-amarelo.

A Lei 47.749/19 define no Art. 73 que o corte de espécies ameaçadas de extinção depende de aprovação de proposta de compensação na razão de vinte e cinco mudas da espécie suprimida para cada exemplar autorizado, conforme determinação do órgão ambiental.

As espécies *Cedrela fissilis* (cedro) e *Euterpe edulis* (palmito-juçara) constam como "vulneráveis" na lista nacional de espécies da flora ameaçadas de extinção (Portaria do MMA nº 443/2014).

De acordo com a amostragem do inventário florestal, ao longo de toda área de intervenção para alteamento da Barragem BR estima-se a existência de 110 indivíduos da espécie *Cedrela fissilis*, 47 de *Handroanthus serratifolius*, 15 exemplares da espécie *Euterpe edulis*, 22 da espécie *Tabebuia aurea* e 5 da espécie *Tabebuia ochracea*.

11.1.4 Programa de Afugentamento e Resgate da Fauna Silvestre

A execução da supressão da vegetação é uma das principais etapas para a implementação do alteamento da barragem. Essa etapa pode causar perda e alteração dos hábitats florestais e aquáticos, provocando a fuga e, possivelmente, a morte acidental de indivíduos da fauna silvestre local, que são considerados impactos relevantes.

Desse modo, como forma de minimização desses impactos, o Programa de Afugentamento e Resgate da Fauna Silvestre se baseia em acompanhar e direcionar as atividades de supressão, favorecendo a fuga "passiva" de indivíduos da fauna local para áreas adjacentes ao empreendimento, além de executar eventuais ações de resgate quando necessário e em triar e destinar a fauna capturada.

O afugentamento da fauna residente na área de supressão ocorre para que os animais migrem para áreas adjacentes sem o estresse causado pelo contato com humanos e assim não corram o risco de se ferirem ou morrerem durante o desmatamento. Sendo assim, o programa é dividido em atividades preliminares à supressão vegetal e resgate da fauna silvestre, com preparação de documentos, de equipamentos e da equipe, e em atividades concomitantes à supressão vegetal, durante a qual será realizada a captura da fauna para posterior manejo e registro. Para isso, faz-se necessário promover a conscientização da equipe responsável pela supressão de vegetação em relação à importância da identificação e do resgate da fauna local, além de demonstrar os procedimentos adequados a serem tomados, quando se depararem com algum animal durante o trabalho.

11.1.5 Programa de Performance Social

Considerando as alterações socioeconômicas e ambientais provenientes do projeto de alteamento da Barragem de Rejeitos BR e do próprio Complexo de Mineração de Tapira sobre a qualidade de vida da população municipal, regional e local, como a alteração da paisagem, dinamização econômica, geração de incômodos e transtornos à população e impactos do meio físico e biótico, faz-se necessário o desenvolvimento do Programa de Performance Social entre seus diferentes âmbitos de atuação.

O Programa adota principalmente quatro frentes de atuação: processo de comunicação efetiva sobre o projeto; apoio aos programas ambientais propostos para o projeto de alteamento da BR e para os programas existentes no Complexo de Mineração de Tapira; relacionamento comunitário junto à população inserida na AID e relacionamento institucional com o poder público municipal de Tapira; e apoio referente aos mecanismos de alerta e comunicação previstos no PAEBM.

O Programa é de grande importância para a conscientização dos trabalhadores do empreendimento e da comunidade, visando ampliar a sensibilização e o conhecimento sobre as questões ambientais e as possibilidades de compatibilização entre os fatores naturais e as atividades socioeconômicas e culturais na busca do desenvolvimento sustentável.

O programa de educação ambiental, que já existe na Mosaic Fertilizantes desde o ano de 2003, foi atualizado conforme a Deliberação Normativa COPAM nº 214 de abril de 2017 e deverá ser mantido em andamento.

O programa de educação ambiental deverá estender-se para escolas e centros comunitários do município, principalmente aquelas próximas à área do empreendimento. Nesse sentido, o programa deve enfocar o entendimento do papel da fauna e da flora no contexto regional e a importância de se preservar um dos biomas mais importantes e ameaçados do mundo.

11.1.6 Programa de Limpeza da Área de Inundação e de Coleta de Material Vegetativo

A decomposição biológica da matéria orgânica dos ambientes aquáticos é um fenômeno natural muito importante nos períodos iniciais da formação dos reservatórios. O principal efeito que esse processo aciona é a depleção do oxigênio dissolvido (OD) e em decorrência surgem uma série de alterações qualitativas das águas, como: produção de gases sulfídricos e metano; eutrofização das águas; produção acelerada de algas, gerando alteração da cor, gosto e odor (MULLER, 1996).

Troncos parcialmente submersos podem favorecer o estabelecimento de macrófitas aquáticas, além de servir de abrigo para mosquitos e moluscos transmissores de doenças.

A remoção vegetal para limpeza das áreas que serão alagadas poderá também, induzir o deslocamento gradual da fauna florestal da área atingida. Além disto, essa atividade visa atender às exigências legais, relativas ao aproveitamento econômico da madeira e à necessidade de manutenção da qualidade da água do reservatório.

A fim de evitar o comprometimento da qualidade da água, a limpeza da área de inundação é recomendada, objetivando impedir o acúmulo de material orgânico e consequentemente evitar a instalação de processos de eutrofização das águas no reservatório.

Deverá ser realizada uma limpeza da vegetação presente em todo o entorno da área de inundação, antes do alteamento da barragem. Além da limpeza da área de inundação é recomendada a coleta de material vegetativo, objetivando a coleta de sementes e demais materiais propagativos de espécies nativas nos locais que sofrerão intervenção, especialmente as espécies ameaçadas de extinção.

O detalhamento deste programa será apresentado no PCA do empreendimento.

11.1.7 Programa de Implantação e Manutenção de Unidades de Conservação

A Lei Federal 9.985/00, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), em seu Artigo 36°, estabelece que empreendimentos de significativo impacto ambiental são obrigados a apoiar a implantação e manutenção de Unidade de Conservação (UC) de proteção integral. A Deliberação Normativa Copam 94/06 estabelece as normas que devem ser seguidas no estado de Minas Gerais em relação a esta compensação, até que sobrevenha regulamentação federal definitiva sobre o assunto.

A referida deliberação estabelece que sejam investidos um percentual do montante dos custos do empreendimento em unidades de conservação. Este investimento pode ser destinado à criação de unidade de conservação, manutenção de unidade já existente ou destinando tal quantia ao IEF (Instituto Estadual de Florestas) para apoiar projetos do órgão.

A maneira como será empenhada esta compensação depende de negociações entre a Mosaic Fertilizantes e o órgão ambiental, que visem a correta destinação dos recursos.

No mais, cumpre esclarecer que o empreendimento não está situado na zona de amortecimento de UCs existentes, conforme apresentado no diagnóstico ambiental deste relatório.

11.2 PROGRAMAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

11.2.1 Programa de Monitoramento dos Níveis de Ruído

As atividades de terraplenagem, movimentação de solo, tráfego de equipamentos de grande porte e outras que serão desenvolvidas nas etapas de implantação do alteamento da BR poderão alterar a qualidade sonora nas comunidades de seu entorno. Para isso, o programa de Monitoramento dos Níveis de Ruído tem como objetivo garantir que os níveis de pressão acústica oriundos do empreendimento atendam às normas e legislações vigentes e minimizem o impacto sobre o ambiente, a vizinhança e funcionários do CMT.

Sendo assim, o programa estabelece diretrizes para medições periódicas e sistemáticas de acompanhamento dos níveis de ruído que possam indicar a qualidade ambiental no aspecto do nível de ruído e criar subsídios, se necessário, para a adoção de ações complementares para adequação dos níveis de ruído ambiental. Dessa forma, o programa se estrutura basicamente em duas etapas: a primeira de coleta e amostragem de dados de campo e a segunda de análise dos dados e elaboração de relatórios para tomadas de decisões.

Os níveis de ruído medidos nos pontos apresentados no Diagnóstico Ambiental situaram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação estadual e pela Resolução Conama 01/90 – NBR 10.151

A fim de avaliar o impacto do futuro empreendimento, recomenda-se a continuidade do programa de monitoramento dos níveis de ruído, nos mesmos pontos utilizados no diagnóstico ambiental, com periodicidade semestral durante a fase de implantação e anual, durante a fase de operação. Nas campanhas regulares de monitoramento, recomenda-se especial cuidado em registrar todos os eventos que possam contribuir para o aumento dos níveis de ruído, tanto aqueles relacionados ao empreendimento, como os independentes, como ruído de insetos ou animais domésticos, vento, veículos, máquinas etc.

11.2.2 Programa de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas

Para evitar a contaminação do solo, a poluição dos recursos hídricos, e outros danos ao meio ambiente causados pelo alteamento da BR, o Programa de Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas tem como objetivo acompanhar eventuais alterações físico-químicas e biológicas na qualidade das águas durante as etapas de implantação e operação do empreendimento para avaliar o enquadramento dos corpos hídricos nos padrões de qualidade estabelecidos pelas legislações ambientais vigentes e que, em caso de alterações, sejam reforçadas as medidas de controle adotadas.

O presente Programa integra o sistema de gestão ambiental já existente no Complexo de Mineração de Tapira, no que se refere ao monitoramento da qualidade das águas, contribuindo para a sistematização dos dados e dando continuidade ao monitoramento já existente durante toda a operação do empreendimento. O escopo do programa inclui desde a definição dos pontos e parâmetros físico-químicos a serem monitorados até a análise dos resultados e possíveis tomadas de decisão.

Recomenda-se a manutenção do programa de monitoramento ambiental de todos os pontos utilizados para elaboração do Diagnóstico Ambiental das Águas Superficiais e das Águas Subterrâneas (ponto 54). Dessa forma, será possível o acompanhamento das prováveis interferências do projeto dentro na qualidade das águas do entorno do CMT, quando comparados os resultados obtidos com aqueles do diagnóstico.

Serão mantidas as frequências de monitoramento atualmente utilizadas. A análise das amostras serão realizadas por meio da contratação de laboratório específico e capacitado para tais funções, além de ser o mesmo cadastrado no Sistema Estadual de Meio Ambiente – SISEMA, conforme definido pela Deliberação Normativa COPAM n° 89/2005, e acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO ou por organismo que mantém reconhecimento mútuo com o mesmo, ou ainda estar homologado por rede metrológica de âmbito estadual, integrante do Fórum de Redes Estaduais e que disponha de um sistema de reconhecimento da competência de laboratórios com base nos requisitos da Norma NBR ISO/IEC 17.025/2005.

As amostragens seguirão as seguintes normas da ABNT: NBR-9897 (Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores – Procedimentos) e NBR-9898 (Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores – Procedimentos).

Os métodos analíticos serão aqueles estabelecidos no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater APHA – AWWA* (última edição). Os resultados serão comparados com padrões estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008.

11.2.3 Programa de Monitoramento Geotécnico

O Programa de Monitoramento Geotécnico tem por objetivo estabelecer requisitos de segurança e meio ambiente visando eliminar, controlar e minimizar o risco de acidentes geomecânicos associados às estruturas do CMT.

O Programa de Monitoramento Geotécnico atualmente executado na Mosaic promove o controle de parâmetros geotécnicos e ambientais da barragem BR, e tem por finalidade

acompanhar o comportamento da estrutura para verificar se a operação ocorre de acordo com as premissas técnicas estabelecidas em projeto.

O monitoramento geotécnico visa acompanhar o desenvolvimento de pressões neutras na fundação e no maciço, a elevação do N.A. do reservatório, a vazão drenada e a movimentação e recalques da barragem.

O programa de monitoramento geotécnico da barragem BR é composto de inspeções de campo com frequência definida e medições dos instrumentos instalados.

11.2.4 Programa de Monitoramento de Fauna

Modificações na vegetação, na qualidade das águas e em aspectos físicos como ruídos e vibrações são fatores que alteram a dinâmica e a diversidade das populações de animais silvestres. O Programa de Monitoramento de Fauna tem por objetivo monitorar o impacto do empreendimento sobre a fauna e com base nos dados obtidos propor, programar e aplicar medidas mitigadoras adequadas à redução ou eliminação dos impactos sobre a mastofauna, herpetofauna, avifauna e ictiofauna.

O programa pretende acompanhar as possíveis alterações nas populações dos ambientes amostrados, atualizar os dados e a listagem das espécies que ocorrem na área de amostragem, avaliar os impactos da operação das atividades minerárias do empreendimento para propor, se necessário, medidas para conservação das espécies na área de estudo e aumentar o conhecimento sobre a distribuição de espécies raras, endêmicas, ameaçadas ou com distribuição restrita. Para a avaliação da avifauna, será adotada a metodologia de pontos fixos de visualização e escuta. Para a herpetofauna e mastofauna, será utilizada a metodologia de busca ativa e a avaliação da ictiofauna será feira por pontos amostrais.

11.2.5 Programa de Monitoramento da Vegetação

O programa de monitoramento da vegetação será implantado para avaliar os resultados das ações de plantio e manutenção de vegetação relacionados às medidas mitigadoras, compensatórias e de recuperação de áreas degradadas que envolvem este tipo de ação.

As áreas de monitoramento serão as previstas no ***Programa de Compensação Florestal*** e as áreas do ***PRAD.***

Os parâmetros que serão verificados no monitoramento e na manutenção rotineira são os seguintes: sanidade, vigor e adaptação; mortalidade; desenvolvimento; e verificação dos efeitos de borda.

O monitoramento das atividades de revegetação está intimamente ligado às atividades de manutenção da mesma. Nas atividades de manutenção regulares, como coroamento e adubação de cobertura, é possível verificar anomalias no desenvolvimento, mortalidade excessiva e ataque de pragas, que serão informadas para a tomada de ações corretivas. Desta maneira, a própria manutenção rotineira acaba por funcionar como ferramenta auxiliar do monitoramento.

Independentemente da necessidade de manutenção, as áreas referidas anteriormente serão monitoradas semestralmente desde o início das atividades correspondentes até que a vegetação atinja a condição de equilíbrio sustentável.

Para cada campanha de monitoramento será emitido um parecer técnico por profissional habilitado sobre a situação da revegetação. Havendo necessidade, novas medidas serão implantadas para obtenção do sucesso nos plantios, garantindo que as áreas serão florestadas de acordo com o previsto.

11.2.6 Atendimento às Leis Específicas dos Plantios de Compensação

Este atendimento será implantado para avaliar os resultados das ações de plantio e manutenção de vegetação relacionados às medidas mitigadoras, compensatórias e de recuperação de áreas degradadas que envolvem este tipo de ação.

As áreas de monitoramento serão as previstas no ***Programa de Compensação Ambiental*** e as áreas do ***PRAD.***

Os parâmetros que serão verificados no monitoramento e na manutenção rotineira são os seguintes: sanidade, vigor e adaptação; mortalidade; desenvolvimento; e verificação dos efeitos de borda.

O monitoramento das atividades de revegetação está intimamente ligado às atividades de manutenção da mesma. Nas atividades de manutenção regulares, como coroamento e adubação de cobertura, é possível verificar anomalias no desenvolvimento, mortalidade excessiva e ataque de pragas, que serão informadas para a tomada de ações corretivas. Desta maneira, a própria manutenção rotineira acaba por funcionar como ferramenta auxiliar do monitoramento.

Independentemente da necessidade de manutenção, as áreas referidas anteriormente serão monitoradas semestralmente desde o início das atividades correspondentes até que a vegetação atinja a condição de equilíbrio sustentável.

Para cada campanha de monitoramento, será emitido um parecer técnico por profissional habilitado sobre a situação da revegetação. Havendo necessidade, novas medidas serão implantadas para obtenção do sucesso nos plantios, garantindo que as áreas serão florestadas de acordo com o previsto.

12 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este estudo objetivou atualizar o projeto de alteamento apresentado anteriormente e adicionar novos dados aos diagnósticos dos meios físico, biótico e socioeconômico.

Para prosseguir com sua operação, e devido ao iminente término de sua vida útil, a Mosaic Fertilizantes tem como objetivo licenciar o alteamento da Barragem de Rejeitos – BR do Complexo de Mineração de Tapira, da cota 1.200 m para a cota 1.210 m. Anteriormente, em 2017, foi apresentado um Estudo de Impactos Ambientais considerando o alteamento da BR para a cota 1.205 m. Contudo, em vista do plano diretor da unidade, foi identificada a necessidade de um alteamento maior até a cota 1.210 m.

Além disso, buscou-se demonstrar que apesar do alteamento do barramento para uma cota superior a anteriormente apresentada, a área impactada deverá ser inferior e os impactos ocasionados se mantêm praticamente inalterados.

Nos meios físico e socioeconômico, os impactos adversos levantados são pouco relevantes. Para o meio biótico, os impactos relevantes são: redução de áreas de vegetação nativa, Diminuição de espécies ameaçadas de extinção da flora e Áreas de Preservação Permanente (APP) e perda de indivíduos da fauna. Para todos os impactos ambientais, foram apresentados as medidas mitigadoras e os programas de monitoramento atualizados.

A Mosaic Fertilizantes vem continuamente realizando ensaios e testes para aplicação de outras técnicas para tratar o rejeito gerado por suas unidades. Apesar disso, principalmente em função da granulometria das lamas, nenhuma outra técnica até o momento se mostrou completamente eficaz para a disposição dos rejeitos e lamas. Sendo, portanto, imprescindível o alteamento da Barragem de Rejeitos BR para continuidade das operações da unidade do CMT, para atendimento do plano diretor de rejeitos da mesma.

Adicionalmente, analisou-se também a implantação de uma nova barragem. Contudo, essa alternativa, quando comparada ao alteamento, apresentou impactos ambientais mais significativos, não se justificando.

A MultiGeo solicita a inclusão desta atualização ao atual processo de alteamento da Barragem de Rejeitos BR.

_____

Carla Imoto

CREA/SP 5069411909

Visto MG 42.280

13 EQUIPE TÉCNICA

Participaram da confecção deste relatório da MultiGeo, a seguinte equipe técnica:

COORDENAÇÃO GERAL

Carla Imoto	Engenheira de Minas CREA/SP 5069411909 Visto MG42.280

EQUIPE TÉCNICA

Bruna Rodrigues	Engenheira Florestal CREA/MG114.770
Caroline Yoshimi Akabane Yamazaki	Engenheira Ambiental CREA/SP 5062806189 Visto MG 36.108
Marcelo Coelho	Engenheiro Florestal CREA/SP 5060323752 Visto MG17.954
Tetsuo Akabane	Geólogo CREA/SP 0600421807 Visto MG42.180

EQUIPE DE APOIO

Manoela Papel	Analista Ambiental
Vinicius Fujita	Analista Ambiental
Bruno Toledo	Assistente Ambiental
Helena Couto	Estagiária

14 BIBLIOGRAFIA

ADÁMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L.G. & Netto, J.M. (1987). *Caracterização da região dos Cerrados.* Pp. 33-98. In: Goedert, W.J. (ed.). Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Nobel, São Paulo.

BRANDT MEIO AMBIENTE (2020). *Plano de Controle Ambiental – Projeto de Ampliação do Depósito T4 e Implantação do Depósito T6 no Complexo de Mineração de Tapira*.

DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS (2020). *Projeto Conceitual de Alteamento da Barragem BR – El 1210 m*.

_____ (2020). *Projeto Detalhado de Alteamento da Barragem BR – El 1210 m*.

_____ (2021). *Melhorias técnicas em relação ao projeto de alteamento barragem BR el. 1205 m*.

EINTEN, G. (2001). *Vegetação natural do Distrito Federal*. Brasília: SEBRAE/DF. 162p. In: BALDUINO, A. P. do C.; SOUZA, A. L.; NETO, J. A. A. M.; SILVA, A. F. da; JUNIOR, M. C. da S. *Fitossociologia e análise comparativa da composição florística do cerrado da flora de Paraopeba-MG*. Revista Árvore, v. 29, n. 1, 2005.

FELFILI, J. M.; ROITMAN, I.; MEDEIROS, M. M.; SANCHEZ, M. (2011) *Procedimentos e métodos de amostragem de vegetação.* In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA-NETO, J. A. A. (Ed.). Fitossociologia no Brasil – Métodos e estudo de casos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 86-121.

FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E.; BROCHADO, A.L. & GUALA II, G.F. (1994). *Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos.* Cadernos de Geociências 12: 39-43.

_____ (2020). *Projeto Detalhado de Alteamento da Barragem BR – El 1210 m*.

GEOAVALIAR (2019). *Relatório de Monitoramento de Ruído Ambiental – Mosaic Fertilizantes P&K Ltda – Unidade de Tapira/MG*.

_____ (2020). *Relatório de Monitoramento de Ruído Ambiental – Mosaic Fertilizantes P&K Ltda – Unidade de Tapira/MG*.

_____ (2020). *Relatório de Monitoramento da Qualidade do Ar – Mosaic Fertilizantes P&K Ltda*.

FOSFERTIL (2004). *Avaliações Complementares Acerca dos Teores de Fósforo nas Águas Superficiais do CMT*.

MDGEO (2021). *Atualização do Modelo Hidrogeológico do Complexo Minerador de Tapira – Modelo Numérico Expandido Além dos Limites da Chaminé Alcalina*.

MOSAIC FERTILIZANTES (2021). *Parecer técnico de novas tecnologias de reaproveitamento e deposição de rejeitos do Complexo de Mineração de Tapira*.

MULTIGEO - MINERAÇÃO, GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE LTDA. (2017) *Estudo de Impacto Ambiental – Alteamento da Barragem de Rejeitos (BR).*

MYERS, N.; MITTERMEYER, R.A.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. (2000). *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Nature 403: 853-858.

PROBIO. 2007. *Biodiversidade Brasileira: Avaliação e Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. (1998) Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. ed. Cerrado: Ambiente e flora. EMBRAPA – Planaltina-DF. p.89-166. 1998.

SOARES, C.P.B; NETO, F.P; SOUZA, A.L. (2006). *Dendrometria e inventário florestal*. Viçosa: Ed. UFV, 276p.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. (1991) *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.* Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.

WALM ENGENHARIA. (2020) *Plano Diretor de Disposição de Rejeitos e Estéril Complexo de Mineração de Tapira – CMT – Plano diretor de rejeitos (2020-2060)*

ANEXO A – ART

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20210050684

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE - ART PRINCIPAL

1. Responsável Técnico

CARLA FERNANDA IMOTO

Título profissional: **ENGENHEIRA DE MINAS**

RNP: **2613657944**
Registro: **SP5069411909D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MOSAIC FERTILIZANTES P&K S.A** CPF/CNPJ: **33.931.486/0020-01**
RODOVIA Rodovia Fazenda Boa Vista- MGC 146 - KM 196,5 Nº: **s/n**
Complemento: Bairro: **Zona Rural**
Cidade: **TAPIRA** UF: **MG** CEP: **38185000**

Contrato: **5300008109** Celebrado em: **11/11/2020**
Valor: **R$ 118.800,00** Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA Rodovia Fazenda Boa Vista- MGC 146 - KM 196,5 Nº: **s/n**
Complemento: Bairro: **Zona Rural**
Cidade: **TAPIRA** UF: **MG** CEP: **38185000**
Data de Início: **11/11/2020** Previsão de término: **11/11/2021** Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **AMBIENTAL** Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MOSAIC FERTILIZANTES P&K S.A** CPF/CNPJ: **33.931.486/0020-01**

4. Atividade Técnica

2010 - Coordenação	Quantidade	Unidade
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.6 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	1,00	un
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE ESTUDOS AMBIENTAIS	1,00	un
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Atualização do Estudo de Impacto Ambiental do alteamento da barragem de rejeitos BR - CMT para a cota de 1.210 m

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17, CONFEA, instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

CARLA FERNANDA IMOTO - CPF: 378.825.488-20

_____, _____ de _____ de _____
Local data

MOSAIC FERTILIZANTES P&K S.A - CNPJ: 33.931.486/0020-01

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: **R$ 233,94** Registrada em: **28/01/2021** Valor pago: **R$ 233,94** Nosso Número: **8593935519**

www.crea-mg.org.br crea-mg@crea-mg.org.br
Tel: 031 2732 Fax: 031 2732
CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20210058840

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20210050684

1. Responsável Técnico

CAROLINE YOSHIMI AKABANE YAMAZAKI
Título profissional: **ENGENHEIRA AMBIENTAL**
RNP: **2607008948**
Registro: **SP5062806189D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MOSAIC FERTILIZANTES P&K S.A** CPF/CNPJ: **33.931.486/0020-01**
RODOVIA Fazenda Boa Vista - MGC 146 Nº: **KM 196,5**
Complemento: Bairro: **Zona Rural**
Cidade: **TAPIRA** UF: **MG** CEP: **38185000**

Contrato: **5300008109** Celebrado em: **11/11/2020**
Valor: **R$ 118.800,00** Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA Rodovia Fazenda Boa Vista- MGC 146 - KM 196,5 Nº: **s/n**
Complemento: Bairro: **Zona Rural**
Cidade: **TAPIRA** UF: **MG** CEP: **38185000**
Data de Início: **11/11/2020** Previsão de término: **11/11/2021** Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **AMBIENTAL** Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MOSAIC FERTILIZANTES P&K S.A** CPF/CNPJ: **33.931.486/0020-01**

4. Atividade Técnica

2014 - Elaboração	Quantidade	Unidade
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.4 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO ANTRÓPICO	1,00	un/h
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.1 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	1,00	un/h
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	1,00	un/h

5. Observações

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17, CONFEA, instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo, 02 de fevereiro de 2021
Local data

CAROLINE YOSHIMI AKABANE YAMAZAKI - CPF: 346.437.128-05

MOSAIC FERTILIZANTES P&K S.A - CNPJ: 33.931.486/0020-01

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: **R$ 88,78** Registrada em: **01/02/2021** Valor pago: **R$ 76,36** Nosso Número: **8593970489**

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20210062661

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20210050684

1. Responsável Técnico

MARCELO COELHO DOS SANTOS

Título profissional: **ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO, ENGENHEIRO FLORESTAL**

RNP: **2602857670**
Registro: **SP5060323752D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MOSAIC FERTILIZANTES P&K** CPF/CNPJ: **33.931.486/0020-01**
RODOVIA RODOVIA Rodovia Fazenda Boa Vista- MGC 146 - KM 196,5 Nº:
Complemento: Bairro: **zona rural**
Cidade: **TAPIRA** UF: **MG** CEP: **38185000**

Contrato: **5300008109** Celebrado em: **11/11/2020**
Valor: **R$ 118.800,00** Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA Rodovia Fazenda Boa Vista- MGC 146 - KM 196,5 Nº: **s/n**
Complemento: Bairro: **Zona Rural**
Cidade: **TAPIRA** UF: **MG** CEP: **38185000**
Data de Início: **11/11/2020** Previsão de término: **11/11/2021** Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **AMBIENTAL** Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MOSAIC FERTILIZANTES P&K** CPF/CNPJ: **33.931.486/0020-01**

4. Atividade Técnica

2014 - Elaboração	Quantidade	Unidade
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.2 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO	1,00	un
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.7 - DE IMPACTO AMBIENTAL	1,00	un
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > GESTÃO AMBIENTAL > #7.6.6 - DE ESTUDOS AMBIENTAIS	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Atualização do diagnóstico de meio biótico e avaliação dos impactos e programas do Estudo de Impacto Ambiental do alteamento da barragem de rejeitos BR - CMT para a cota de 1.210 m

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17, CONFEA, instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Tapira, 05 de Fevereiro de 2021
Local data

MARCELO COELHO DOS SANTOS - CPF: 114.774.088-78

MOSAIC FERTILIZANTES P&K - CNPJ: 33.931.486/0020-01

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: **R$ 88,78** Registrada em: **02/02/2021** Valor pago: **R$ 88,78** Nosso Número: **8593983291**

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20210060206

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL
EQUIPE à MG20210050684

1. Responsável Técnico

TETSUO AKABANE
Título profissional: **GEÓLOGO**
RNP: **2605098877**
Registro: **SP0000042180D MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **MOSAIC FERTILIZANTES P&K S.A** CPF/CNPJ: **33.931.486/0020-01**
RODOVIA Rodovia Fazenda Boa Vista - MGC 146 Nº: **KM 196,5**
Complemento: Bairro: **Zona Rural**
Cidade: **TAPIRA** UF: **MG** CEP: **38185000**

Contrato: **5300008109** Celebrado em: **11/11/2020**
Valor: **R$ 118.000,00** Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Privado**
Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RODOVIA Rodovia Fazenda Boa Vista- MGC 146 - KM 196,5 Nº: **s/n**
Complemento: Bairro: **Zona Rural**
Cidade: **TAPIRA** UF: **MG** CEP: **38185000**
Data de Início: **11/11/2020** Previsão de término: **11/11/2021** Coordenadas Geográficas: **0, 0**
Finalidade: **AMBIENTAL** Código: **Não Especificado**
Proprietário: **MOSAIC FERTILIZANTES P&K S.A** CPF/CNPJ: **33.931.486/0020-01**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
2014 - Elaboração		
40 - Estudo > MEIO AMBIENTE > DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > DE DIAGNÓSTICO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL > #7.2.1.1 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Diagnóstico do meio físico para a atualização do Estudo de Impacto Ambiental do alteamento da barragem de rejeitos BR - CMT para a cota de 1.210 m

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17, CONFEA, instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

TETSUO AKABANE - CPF: 534.498.608-44

_____, _____ de _____ de _____
Local data

MOSAIC FERTILIZANTES P&K S.A - CNPJ: 33.931.486/0020-01

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: **R$ 88,78** Registrada em: **02/02/2021** Valor pago: **R$ 88,78** Nosso Número: **8593975218**

ANEXO B – PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR

REVISÕES

TE: TIPO EMISSÃO — A - PRELIMINAR; B - PARA APROVAÇÃO; C - PARA CONHECIMENTO; D - PARA COTAÇÃO; E - PARA CONSTRUÇÃO; F - CONFORME COMPRADO; G - CONFORME CONSTRUÍDO; H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	EMISSÃO INICIAL	BL/LF/MJ /SS	TO/JF	TO	OM	08/05/20
0	C	APROVADO	MJ	TO/JF	TO	OM	14/10/20

SUMÁRIO

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	OBJETIVO	3
3.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
4.0	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	7
5.0	CÓDIGOS, NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS	18
6.0	ASPECTOS GEOLÓGICOS	19
7.0	INVESTIGAÇÕES GEOLOGICO-GEOTÉCNICAS	28
8.0	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	46
9.0	ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	129
10.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	132
11.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
12.0	EQUIPE TÉCNICA	137
APÊNDICE		138

1.0 INTRODUÇÃO

A DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela Mosaic Fertilizantes para elaborar o Projeto detalhado de Alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210,0 m, localizada no município de Tapira, estado de Minas.

Neste relatório são apresentadas as informações disponibilizadas pela Mosaic e que foram utilizadas para definição do cenário base da estrutura em tela. Todo o desenvolvimento da consolidação dos dados foi feito a partir do cenário atual da barragem.

Todas as análises foram elaboradas considerando a condição atual da estrutura sob a luz das normas brasileiras e das melhores práticas de engenharia internacional.

2.0 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar a consolidação dos dados geológicos, de ensaios geotécnicos de campo e laboratório e das respostas das instrumentações de controle existentes na Barrgem BR. Ao final, estarão indicados os parâmetros de resistência e permeabilidade, bem como o modelo geológico/geotécnico que serão utilizados nos estudos subsequentes necessários ao desenvolvimento do projeto detalhado de alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210,0 m.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos utilizados para o desenvolvimento do presente relatório estão apresentados na Tabela 3.1. Os documentos foram obtidos através de consulta ao sistema SGPSB, disponibilizados em visita técnica ou foram documentos desenvolvidos pela DF+.

Tabela 3.1 - Documentos de referência

Número do documento	Descrição
000-511-008	Sistema de Deposição de Rejeitos – Relatório Sobre o Projeto da Barragem BR (Paulo Abib Engenharia S.A. - 1983)
VG17-092-1-EG-RTE-0070	Revisão Periódica de Segurança de Barragem – VOG - 2018
FF61-RT-01-R0	Projeto Executivo Altemento Cota 1205,5 m – Geoconsultoria - 2017
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Projeto Conceitual - Diagnóstico de Barragens – DF+ - 2019
WBH122-17-MOSC106-RTE-0014	Auditoria Técnica de Segurança 1° Ciclo 2020 – Walm - 2020

Número do documento	Descrição
PAT-RT-LAB-1103.14-001	Ensaios de Laboratório – Pattrol - 2015
PAT-RT-SOND- 1097.14-002	Sondagem – Barragem BR – Pattrol - 2014
PAT-RT-SOND-040.2017	Sondagem à Percussão, Sondagem Mista e Sondagem à Trado – Barragem BR - Pattrol - 2017
PAT-RT-OSS.063-SOND-2018	Sondagem Mista – Barragem BR – Pattrol - 2018
PAT-RT-OSS097-SOND-2018	Sondagem à Percussão – Área Industrial – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-131-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-137-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-148-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Diagnóstico da Barragem BR – DF+ - 2019
VG17-092-1-EG-RTE-0071	RPSB da Barragem BR – DF+ - 2019
FF28.03_-_PM05-R8_-_BR_18-11	Planilha com o histórico das leituras de instrumentação – Barragem BR – MOSAIC - 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 1 – CCC Topografia – Agosto de 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 3 – CCC Topografia – Agosto de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – Setembro de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – Setembro de 2019
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico “As Is” – Barragem BR – WALM – Abril de 2019
“Instrumentos barragens CMT 2019 atual”	Planilha com as coordenadas da instrumentação em operação na Barragem BR – MOSAIC - 2019
DF19-261-1-EG-RTE-0001	Projeto Conceitual – Barragens – Barragem BR – Risco Geológico, Estrutural e Sísmico – Relatório Técnico

Número do documento	Descrição
WBH122-17-MOSC041-DES-0027	Planta - Barragem BR: Instrumentação planta e quadro.
WBH122-17-MOSC041-DES-0028	Planta – CMT Barragem BR: Instrumentação seções
WBH122-17-MOSC041-DES-0076	Planta – CMT Barragem BR
WBH122-17-MOSC041-DES-0077	Planta – CMT Barragem BR – Investigações geológico-geotécnicas de referencias planta e quadro de locação
WBH122-17-MOSC041-DES-0078	Planta – CMT Barragem BR – Investigações geológico-geotécnicas de referencias planta e quadro de locação
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico “As Is” – Barragem BR – WALM – Abril de 20191
WBH122-17-MOSC061-DES-0001	Barragem BR – Investigação geológica-geotécnico de campo - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0003	Barragem BR – Limpeza de fundação - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0004	Barragem BR – Base topográfica- Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0005	Barragem BR – Arranjo geral - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0006	Barragem BR – Arranjo geral – Seções e detalhes
WBH122-17-MOSC061-DES-0007	Barragem BR –Drenagem interna– Seções e detalhes
WBH122-17-MOSC061-DES-0008	Barragem BR – Arranjo geral - Locação
WBH122-17-MOSC061-ETC-0001	Barragem BR – Especificação técnica investigação geológica-geotécnica
WBH122-17-MOSC061-ETC-0003	Barragem BR – Especificação técnica para construção de reforço
“ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – Setembro de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – Setembro de 2019
WBH122-17-MOSC061-DES-0012	Barragem BR – Planta e perfil – Dreno ombreira esquerda

Número do documento	Descrição
WBH122-17-MOSC061-DES-0013	Barragem BR – Seções – Dreno ombreira esquerda
WBH122-17-MOSC070-RTE-0014	Barragem BR - Relatório de inspeção de segurança regular - Relatório de auditoria técnica de segurança - 2019

4.0 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Como forma de ilustrar e exibir as principais características da barragem em estudo, são apresentadas as principais informações da Barragem BR (Tapira) a seguir.

4.1 HISTÓRICO

A Barragem BR foi concebida com a finalidade de conteção de rejeitos. O seu reservatório ocupa uma parcela considerável da área de drenagem da bacia, estando seccionado ao meio pelos rejeitos lançados na sua ombreira esquerda.

O projeto inicial do dique de partida e do primeiro alteamento foram elaborados pela Paulo Abib Engenharia, em 1982, atingindo a elevação de 1.180 m.

Segundo o relatório “Sistemas de Deposição de Rejeitos – Relatório” a respeito do Projeto inicial da Barragem BR, de número 000-511-008, elaborado pela Paulo Abib Engenharia, a Barragem BR está localizada no Córrego Boa Vista. Sua ombreira esquerda caracteriza-se por baixas declividades – de 8 a 10°, enquanto a direita apresenta topografia relativamente irregular, com declividades de até 45°.

O mesmo documento relata que a ombreira esquerda era recoberta por uma camada de argila coluvionar de 1 a pouco mais de 3 m de espessura, no entanto a abertura de trincheira para implantação do extravasor acabou por praticamente eliminar o solo coluvionar da área sob o dique inicial de argila.

Subjacente ao colúvio, existe o solo residual de Filito. O mesmo relatório relata que a capacidade de suporte deste material era considerada adequada ao apoio do dique inicial e maciço principal.

Na zona do canal do córrego, o grande problema era a ocorrência de aluviões argilosos de baixa consistência, cuja remoção era indispensável, tanto sob o dique inicial, como sob o maciço principal. Sua espessura chegava a atingir 8 m na margem esquerda.

Na ombreira direita, o solo residual tendia a aflorar. No relatório, foi relatada a preocupação com a existência de uma intercalação de quartzito de direção perpendicular ao eixo da barragem, de elevado coeficiente de permeabilidade em torno de 10^{-3} a 10^{-2} cm/s.

Quanto ao dique inicial, relatou-se que o solo coluvionar existente na ombreira esquerda foi selecionado para a execução do mesmo, face à sua boa compactabilidade e propriedades mecânicas.

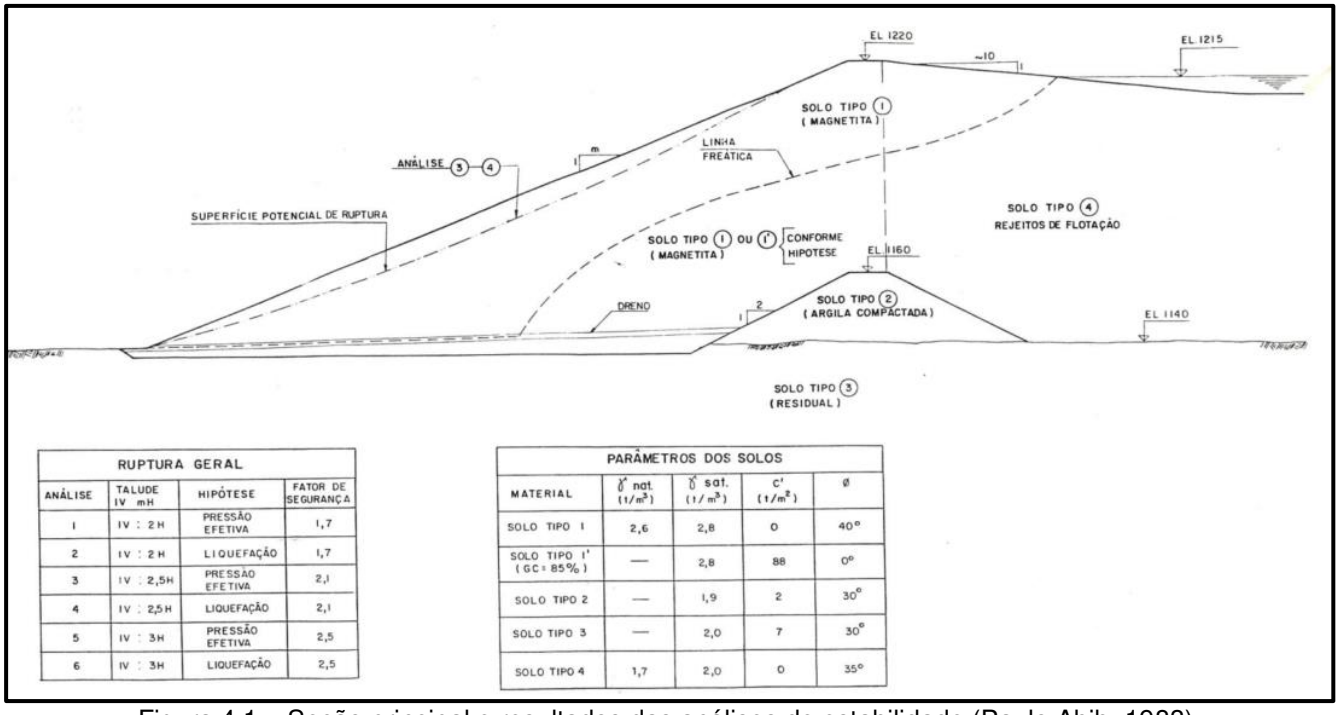
Ainda com relação ao dique inicial, o o documento informa que a cota 1.160 foi escolhida para a crista do dique, tendo em vista propiciar um dimensionamento econômico do sistema extravasor. O material escolhido foi argila vermelha coluvionar, disponível localmente. A jusante do eixo, como material de preenchimento da escavação para limpeza de fundações, previu-se o emprego de magnetita proveniente da usina industrial. Segundo o relatório,

tratava-se de um material permeável da ordem de 10^{-3} cm/s e disponível a distância razoável da barragem. Este material foi estendido a jusante em todo o preparo de fundações, a fim de facilitar os trabalhos de alteamento.

É informado que foram projetados tapetes filtrantes de pedra britada, visando o alteamento da barragem até a cota 1.180,0 m. A fim de se evitar a colmatação dos vazios da brita por partículas finas de solo local e magnetita a ser empregada no alteamento, foram projetadas transições granulométricas de pedrisco e areia, e mantas filtrantes de geotêxtil.

Para o alteamento, foi empregada a opção pelo método de linha de centro, onde no maciço de jusante, empregaria magnetita ciclonada no corpo da barragem, enquanto à montante seriam lançados rejeitos de flotação hidraulicamente a partir da crista, por meio de “spigots”.

A Figura 4.1 apresenta uma imagem da seção principal utilizada na execução das análises de estabilidade e os parâmetros utilizados à época, enquanto na Figura 4.2 está apresentado o detalhamento da seção principal.



RUPTURA GERAL

ANÁLISE	TALUDE (V : H)	HIPÓTESE	FATOR DE SEGURANÇA
1	1V : 2H	PRESSÃO EFETIVA	1,7
2	1V : 2H	LIQUEFAÇÃO	1,7
3	1V : 2,5H	PRESSÃO EFETIVA	2,1
4	1V : 2,5H	LIQUEFAÇÃO	2,1
5	1V : 3H	PRESSÃO EFETIVA	2,5
6	1V : 3H	LIQUEFAÇÃO	2,5

PARÂMETROS DOS SOLOS

MATERIAL	γ nat. (t/m³)	γ sat. (t/m³)	C' (t/m²)	ø
SOLO TIPO 1	2,6	2,8	0	40°
SOLO TIPO 1' (GC = 85%)	—	2,8	88	0°
SOLO TIPO 2	—	1,9	2	30°
SOLO TIPO 3	—	2,0	7	30°
SOLO TIPO 4	1,7	2,0	0	35°

Figura 4.1 – Seção principal e resultados das análises de estabilidade (Paulo Abib, 1983)

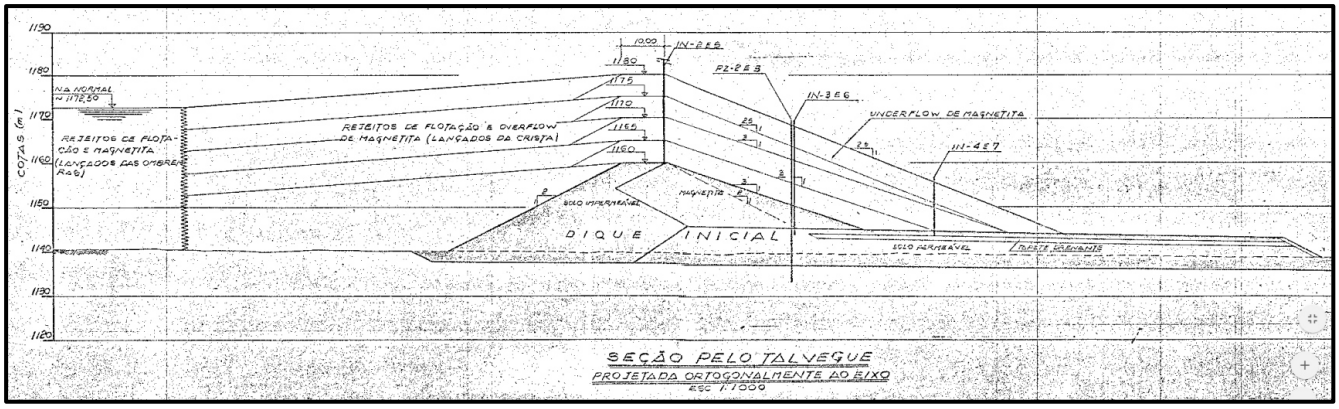


Figura 4.2 – Detalhamento da seção principal (Paulo Abib, 1983)

De acordo com o "Relatório Técnico *As Is*", elaborado pela Walm em 2019 (WBH122-17-MOSC041-RTE-0017), à medida que o reservatório passou a ser ocupado, foram observadas movimentações na galeria extravasora, ocasionadas possivelmente pelas condições adversas da sua fundação e agravadas pelo período chuvoso durante sua construção.

O último alteamento realizado foi até a elevação 1.200 m, com projeto realizado pela Leme Engenharia, em 1998. Não foram encontrados documentos a cerca dos projetos deste alteamento. A Figura 4.3 apresenta uma imagem obtida pela Google Earth em maio de 2018, onde está apresentada a situação na barragem àquela época.



Figura 4.3 - Barragem BR - Elevação 1.200,0 m (Fonte: Google earth, 2018)

A Geocontrole elaborou em 2017 o projeto detalhado para altear a Barragem BR até a elevação 1.205 m, porém a obra não foi executada. Ainda assim, muitas informações levantadas até o momento vêm sendo utilizadas do mesmo.

Em 2019 foi realizada a obra de reforço no pé da Barragem BR, para que a mesma atingisse os valores normativos de Fatores de Segurança preconizados na NBR 13.028:2017. A obra consistiu na construção de uma berma de reforço com enrocamento compactado até a elevação 1.150,0 m. Sobrejacente ao enrocamento, foram executadas camadas de magnetita compactadas até a elevação 1.160,0 m, transicionados por uma camada de brita 3, brita 0 e areia. A Figura 4.4 apresenta uma imagem de satélite da Barragem, obtida pelo Google Earth, datada de agosto/2019, após a execução do reforço.



Figura 4.4 - Barragem BR - Elevação 1.200,0 m, após as obras de reforço (Fonte: Google earth, 2019)

Ainda em 2019, a DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela MOSAIC Fertilizantes para elaborar os Projetos Conceitual e Executivo de Alteamento da Barragem BR, para as elevações 1.210 m e 1.230 m, respectivamente. Este relatório tem como objetivo levantar e consolidar todas as informações existentes a cerca desta estrutura para subsidiar a elaboração do projeto executivo para a elevação 1.210,0 m e posteriormente, 1230,0 m.

4.2 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

O Complexo de Mineração de Tapira está localizado no Município de Tapira, oeste do Estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado, a partir da cidade de Belo Horizonte, pela BR 262 em direção ao Triangulo Mineiro até o trevo de Araxá. Partindo-se de Araxá, o acesso é feito pela rodovia MG-428, sentido Franca-SP, onde se toma a rodovia MGC-146 até a portaria do CMT. Na Figura 4.5 é apresentada a localização da barragem BR (Tapira), integrante do Complexo de Mineração de Tapira.

A Barragem BR foi implantada na cabeceira do córrego Boa Vista e encontra-se locada a montante da Barragem BD5. Tem como finalidade principal a contenção de rejeitos, sedimentos carreados da usina e mina no processo de beneficiamento do minério fosfático e captação de água para recirculação. Na Figura 4.5 é apresentada a localização da Barragem BR junto ao Complexo de Mineração Tapira.

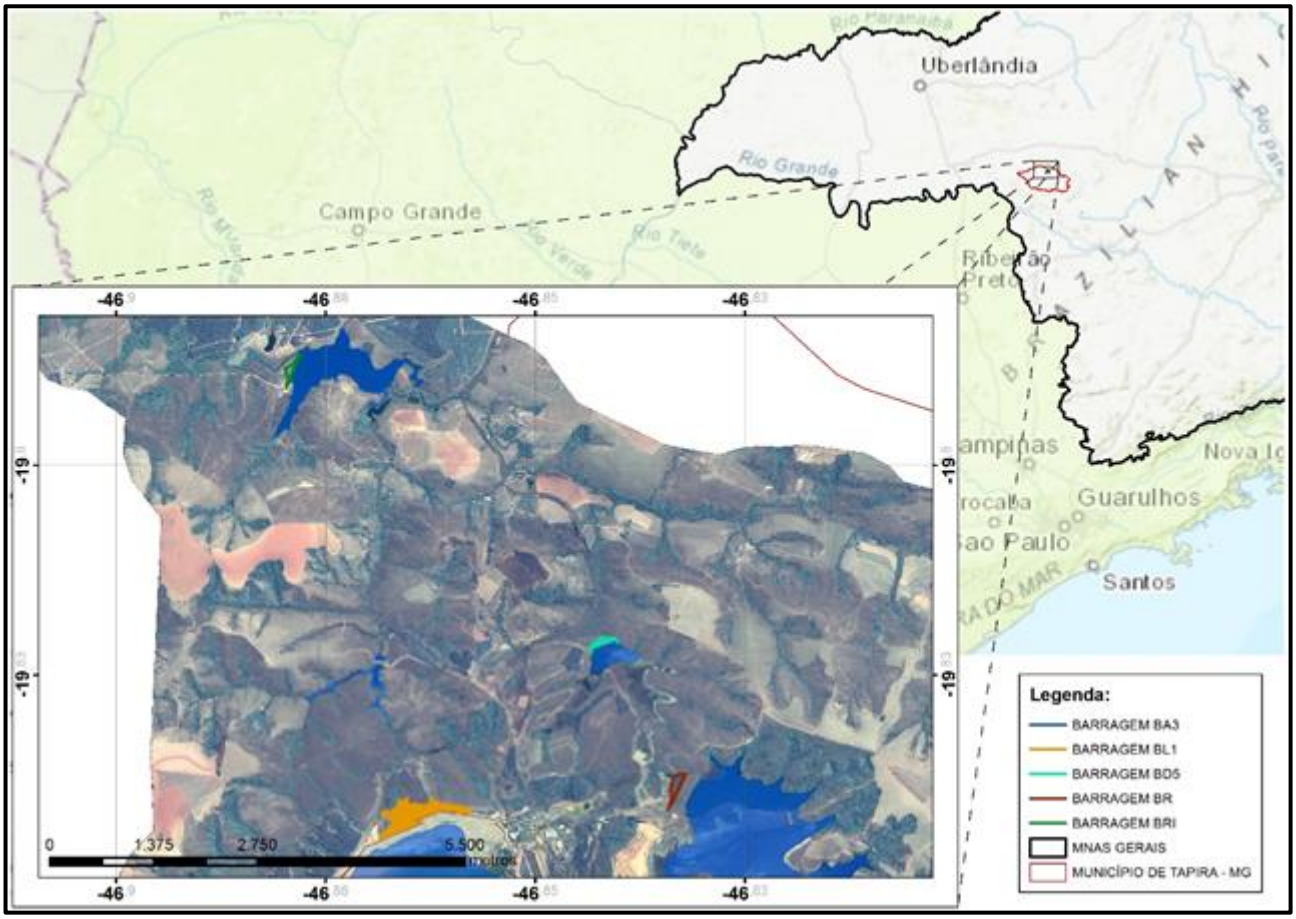


Figura 4.5 – Complexo de Mineração de Tapira - Barragem BR destacada na cor marrom (Fonte: *VG17-092-1-EG-RTE-0070*).

A Figura 4.6 apresenta uma imagem de satélite da Barragem BR (Tapira) pertencente ao Complexo Minero de Tapira, e a Figura 4.7, a locação dos lagos pertencentes ao seu reservatório. De acordo com o inventário básico obtido no SGPSB da MOSAIC, as coordenadas da estrutura são dadas por: 308.051,70 E / 7.805.242,31 N (sistema SIRGAS 2000).



Figura 4.6 – Barragem BR, estrutura pertencente ao CMT (Fonte: Google Maps, 2019).

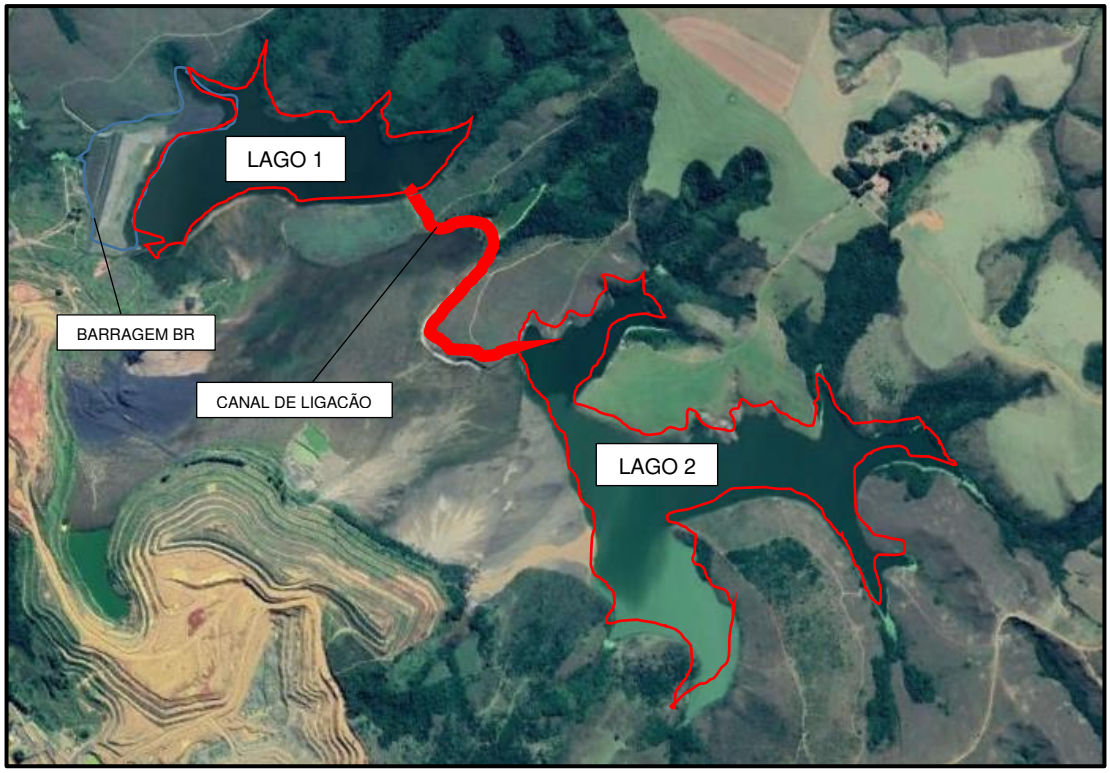


Figura 4.7 – Lagos pertencentes a estrutura da barragem BR (Fonte: Google Maps - Modificado).

4.3 FICHA TÉCNICA

De acordo com o apresentado na última RPSB elaborado pela VOG em 2018 (documento nº VG17-092-1-EG-RTE-0060), a barragem BR (Tapira) foi projetada com seção transversal mista, com a crista na EL 1.200 m, com aterro de 61 m de altura. A estrutura apresenta drenagem interna e o monitoramento é realizado por piezômetros, medidores de nível d'água, marcos superficiais, uma régua linimétrica e um pluviômetro.

A Tabela 4.1 resume as principais características da barragem considerando as devidas atualizações em relação a RPSB.

Tabela 4.1 – Ficha Técnica da Barragem.

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
Dados Gerais	
Finalidade	Contenção de rejeitos e captação de água
Empresas projetistas	- Dique Inicial: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alteamento cota 1180m: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alteamento cota 1200m: Leme (1998) - Reforço: Walm (2019)
Construção – Etapas	Maciço Inicial / Alteamentos
Data de Construção	1982/1998
Cota da Crista	El. 1200 m
Extensão atual do coroamento	570 m
Altura Máxima	61 m
Volume atual do Reservatório	80.000.000 m³
Tipo de Seção	Mista
Drenagem Interna	Tapete drenante e dreno de fundo
Drenagem Superficial	Não possui dispositivos implantados
Instrumentação	1 piezômetro, 13 indicadores de nível de água, 2 medidores de vazão, 14 drenos de encosta, 11 marcos superficiais, 1 régua, 1 pluviômetro e 1 evaporímetro
Hidrologia / Hidráulica	
Área da Bacia	15,67 km²
Tempo de Concentração	1,23h (Lago 1), e 0,53h (Lago 3)
Precipitação de Projeto	204,77 mm
Cheia de Projeto	TR 10.000 anos
Vazão Máxima Afluente	198,31 m³/s
Vazão de Projeto	22,36 m³/s
NA Normal Operacional	1.192,8 m
NA Máximo Maximorum	1.194,54 m
Borda Livre ($NA_{max,\ Maximorum}$)	5,46m
Estruturas Vertentes	
Vertedouro Operacional	Extravasor soleira livre e canal escavado em solo.

4.4 OPERAÇÃO DA ESTRUTURA

Segundo o “Plano Diretor de Disposição de Rejeitos de Tapira – Estudo Conceitual – Preliminar”, elaborado pela Geoconsultoria em 2018, documento FF60-RT-02, a operação da planta de concentração de Tapira gera atualmente os seguintes fluxos: concentrado, rejeitos de flotação, rejeitos de flotação ultrafinos, lamas naturais e geradas, e rejeitos magnéticos (magnetita).

As lamas e os rejeitos ultrafinos são bombeados e depositados no reservatório da barragem BL-1. Os rejeitos magnéticos são bombeados e depositados no reservatório da barragem BR.

Os rejeitos de flotação são parcialmente depositados na barragem BL-1, para uso no alteamento da mesma, e o restante é bombeado e depositado no reservatório da barragem BR.

O documento apresenta a previsão de geração de rejeitos e lamas entre os anos de 2018 e 2056. De forma suscinta, os volumes previstos são:

- Lamas + Ultrafinos: 190,5 Mm³
- Magnetita: 20,6 Mm³
- Rejeitos: 152,6 Mm³

É informado no relatório que, de todos os fluxos de rejeitos e lamas indicados, a disposição das lamas seria a mais complicada, e a disposição da magnetita a mais simples.

No caso das lamas, por serem materiais muito finos, apresentam baixas taxas de adensamento , com maior dificuldade de clarificação da água liberada, não servindo como material de construção, além de serem dificilmente desaguadas.

A magnetita, ou rejeitos magnéticos, são mais grosseiros, densos, servem como material de construção, são drenantes, adensam facilmente e podem ser empilhados, mesmo que não sejam filtrados, dada sua elevada condutividade hidráulica.

Os rejeitos seriam intermediários, entre as lamas e a magnetita, mas próximos desta última, por serem mais grosseiros que as lamas. Quando ciclonados permitem que o underflow seja utilizado como material de construção. Por serem drenantes, podem ser empilhados e compactados, não necessitando de filtragem. Sem ciclonagem também podem ser desaguados, mas com processo de filtragem. No caso de ciclonagem, o overflow tem características próximas das lamas, mas ainda melhores que estas, sendo geralmente utilizado para a formação de praias nos alteamentos das barragens por linha de centro ou de montante.

No caso da Unidade de Tapira, o documento conclui que os reservatórios das barragens deveriam ser preferencialmente destinados para as lamas. Os rejeitos poreriam ser ciclonados, o underflow empilhado e o overflow ficariam junto às lamas ou os mesmos poderiam ser filtrados e empilhados. A magnetita poderia ser apenas desaguada e empilhada.

A partir destas considerações, o documento pondera que a diretriz do plano diretor de rejeitos da unidade Tapira poderia ser conceituada da seguinte maneira:

- As lamas deveriam ser depositadas nos reservatórios das barragens BL-1 e BR;
- os rejeitos poderiam ser dispostos no reservatório da futura barragem BL-3, ou filtrados e empilhados; e,
- A magnetita deveria ser desaguada e empilhada.

Ainda de acordo com o que foi informado no documento, foram simulados os enchimentos dos reservatórios das barragens BL-1 e BR, considerando declividades das praias emersas e submersas e deixando-se ainda um volume de água livre para clarificação do efluente, e um volume livre, para laminação de cheias de projeto, com o seguinte resultado.

- Até 2020 seria implantado o sistema de bombeamento das lamas para a cabeceira do reservatório da barragem BR (ou até mesmo ser adiado, para 2028, isso ainda seria discutido).
- Aproximadamente neste mesmo período seria ampliada a praia da barragem BR, com a disposição dos rejeitos de flotação. A captação deverá ser mudada de posição, passando para a ombreira direita, próxima do emboque do canal extravasor.
- A barragem BL-3 seria construída e disponível para operação até o final de 2020. A partir do início de 2021, o reservatório seria utilizado para acomodação dos rejeitos de flotação.
- Neste mesmo período (entre 2018 e 2020) os rejeitos de flotação seriam ciclonados e utilizados para alteamento da barragem BL-1, tanto da parte jusante como da parte da praia. Estava previsto que o alteamento do maciço central da barragem seria executado, na sua maior parte, com magnetita escavada nas pilhas atuais.
- A barragem BR deveria ser avaliada para ter sua crista alteada até a cota 1.230 m, ou seja, 10 m a mais que o previsto inicialmente. Este alteamento visa ganhar maior volume de reservação, para acomodar as lamas e o estudo desta implantação deve considerar a posição dos pés das pilhas de estéril no entorno do reservatório.
- A barragem BL-1, alteada até a cota 1.225 m, terá capacidade de armazenamento de 59,2 Mm³, com simulação de assoreamento do reservatório adotando-se inclinação média das praias de 0,2%.
- A ampliação da praia da BR atual demandará cerca de 4 Mm³ de rejeitos. Para o alteamento da barragem BL-1, para a cota 1225 m, a demanda de rejeitos de flotação será de cerca de 2 Mm³. Assim, até 2020, seriam necessários 6 Mm³ de rejeitos de flotação, o que, pela tabela apresentada no relatório conceitual de disposição, corresponderia até meados de 2019, restando ainda cerca de 6 Mm³ para serem dispostos no reservatório da barragem BR.
- A barragem BR, alteada até a cota 1220 m, terá capacidade de armazenar cerca de 112,5 Mm³, dos quais deverá ser descontado o volume de cerca de 10 Mm³, que será ocupado com rejeitos, restando então cerca de 102,5 Mm³ para ser ocupado com lamas.
- Com este cenário de alteamentos e simulação de enchimento dos reservatórios, e considerando a ocupação das barragens BL-1 e BR com lamas, o volume disponível para oassoreamento seria de 161,7 Mm³. No estudo apresentado, a previsão de geração de lamas, em termos de volumes de assoreamento, é de 190,5 Mm³, ou seja, há um déficit de 28,8 Mm³, que se espera ser compensado com o alteamento da barragem BR até a cota 1230 m, ou próximo deste valor. Com isto, as lamas poderão ser armazenadas nas barragens BL-1 e BR durante a vida útil prevista do empreendimento.

- A barragem BL-1, para a cota 1.225 m, operaria acumulando as lamas, entre 2018 e 2029. A partir deste ano, o reservatório poderia permanecer adensando, com pequeno acúmulo de água, servindo para suprimento da planta de concentração.
- A barragem BL-3, conforme a simulação de ocupação do reservatório, poderia acomodar cerca de 73,2 Mm³. Adicionando-se a este valor o volume previsto de ser utilizado no alteamento da barragem BL-1 e na formação da praia da barragem BR, de 11,8 Mm³, resulta o valor total de 85,0 Mm³. Segundo o estudo, este valor mostra que a barragem BL-3 operaria até 2038.
- Pelo estudo apresentado, o volume total de rejeitos será de 152,6 Mm³, ou seja, haverá um déficit de 67,5 Mm³, já descontado o volume de 11,8 Mm³ que será depositado na barragem BL-1 (para alteamento) e na barragem BR (para formação da praia).
- A partir de 2038, quando se esgotar a capacidade de armazenamento dos rejeitos na barragem BL-3, os rejeitos poderiam ser empilhados no reservatório da barragem BL-1, que estaria “em repouso” desde 2030. Estima-se que a espessura da pilha a ser formada, sobre a superfície das lamas, será entre 10 e 15 m, pelo período de cerca de 20 anos.
- Para o empilhamento, os rejeitos poderão ser ciclonados ou filtrados. No caso de filtragem, toda a massa seria empilhada. No caso de ciclonagem, buscando-se a máxima partição para o underflow, o overflow deveria ser disposto com as lamas no reservatório da barragem BR ou nas próprias cabeceiras da barragem BL-1. Se a partição para o underflow for de 80% em massa, restariam 13,5 Mm³ de overflow para disposição.
- A magnetita será empilhada parte na área onde atualmente já está empilhada, no vale que deságua a mina e próximo aos escritórios, e parte a jusante da barragem BR, como reforço da mesma, prevendo-se ciclonagem da magnetita apenas para desaguamento e não classificação.

5.0 CÓDIGOS, NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS

Este documento deverá considerar a última edição dos códigos e normas citados a seguir, além das leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

NBR 6484/2001	Solo – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio
ABGE/2013	Manual de Sondagens da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, Boletim nº 3, 5ª Ed
NBR 7181/2016	Solo - Análise granulométrica
NBR 6490/2016	Reconhecimento e Amostragem para fins de Caracterização de Ocorrência de Rochas
NBR 13441/1995	Rochas e solos – Simbologia.

NBR 14545/2000 Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável

6.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Abaixo são descritas as informações regionais referentes à geologia e sismicidade, que foram obtidas por meio de pesquisa bibliográfica e de trabalhos anteriores. Cabe ressaltar que essas informações são importantes para compreensão e análise de dados geológico-geotécnicos e influência na estabilidade da estrutura.

6.1 GEOLOGIA REGIONAL

A região de Tapira pertence a Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, que está inserida na margem continental da Faixa Brasília, delimitada a sudoeste pela Bacia do Paraná e a nordeste pelo Cratón São Francisco. Esta Província é constituída por um conjunto de rochas kamafugíticas, kimberlíticas e carbonatíticas que ocorrem como complexos plutônico, diques, pipes, plugs, diatremas, derrames de lavas e depósitos piroclásticos (Brod et al. 2004).

A Figura 6.1 apresenta o mapa geológico da Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, exibindo diversas intrusões, em destaque, a de Tapira, em vermelho, e Araxá, Salitre, Serra Negra e Catalão I e II, em azul.

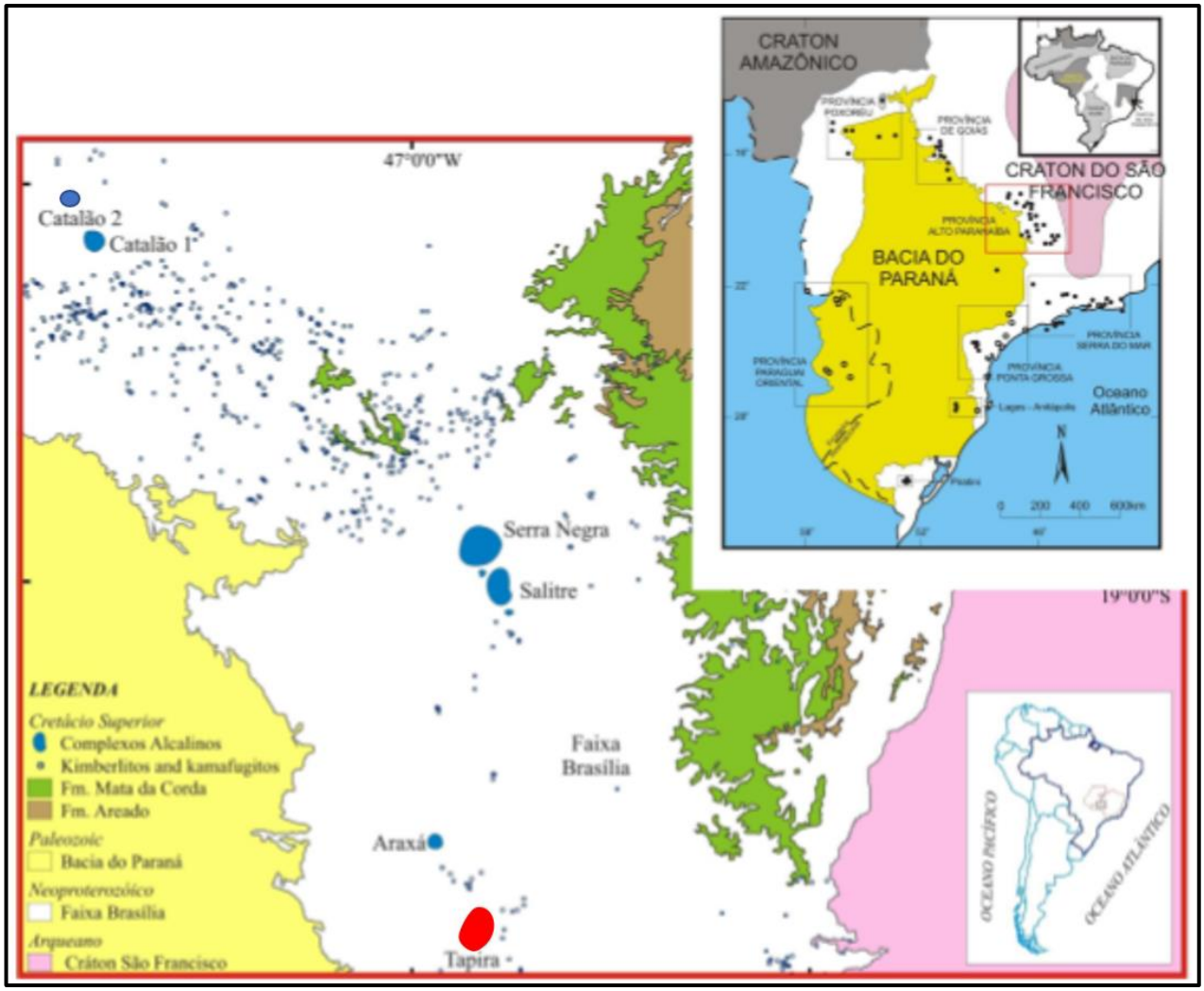


Figura 6.1 - Mapa geológico da Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, exibindo os domos intrusivos alcalinos. Complexo de Tapira, em vermelho, e os demais Complexos da Província em azul (Modificado de Jácomo, 2010).

Os Complexos plutônicos Alcalinos-Carbonatíticos de Tapira, Araxá, Catalão I e II, Serra Negra, Salitre I, II e III, segundo Gibson et al. (1995) possuem idade Cretáceo Superior e tem sua origem atribuída à influência do magmatismo oriundo dos impactos de plumas mantélicas na base da litosfera subcontinental. As intrusões desses complexos estabeleceram-se ao longo da feição denominada Arco do Alto Paranaíba e deformaram as rochas metassedimentares da Faixa Brasília, quase sempre gerando estruturas em domos (Brod et al., 2004).

Na Faixa Brasília, orógeno colisional produto da interação entre crátons com evolução tectônica ligada ao Evento Brasiliano, ocorre uma progressiva variação nos padrões estrutural e metamórfico nas unidades litológicas, sendo mais deformadas em direção a Oeste (Valeriano et al., 2004b). Tem sido sugerida, por alguns autores, uma divisão na Faixa em

Zona externa e interna devido à evolução da deformação e do grau metamórfico (Dardenne, 2000; Simões e Valeriano, 1990; Fuck, 1994, Valeriano et al., 2004b).

A Zona Externa é composta por unidades metassedimentares dos Grupos Paranoá, Canastra, Ibiá, Vazante e, localmente, o Bambuí e porções do seu embasamento arqueano paleoproterozóico (Dardenne, 2000; Faria 1995; Guimarães 1997, Silva, C. H., 2003). Predominam nesta zona as fácies sedimentares correspondentes à margem passiva, e o metamorfismo é de fácies xisto verde (Silva, C. H. 2003). A Zona Interna é constituída por sucessões metassedimentares e metavulcanossedimentares do Grupo Araxá e Andrelândia incluindo fácies de plataforma distal, rochas metaultramáficas de assoalho oceânico, e o metamorfismo é de fácies xisto verde superior chegando a granulito.

A Figura 6.2 exibe a estruturação da Faixa Brasília apresentando seu contexto geológico regional.

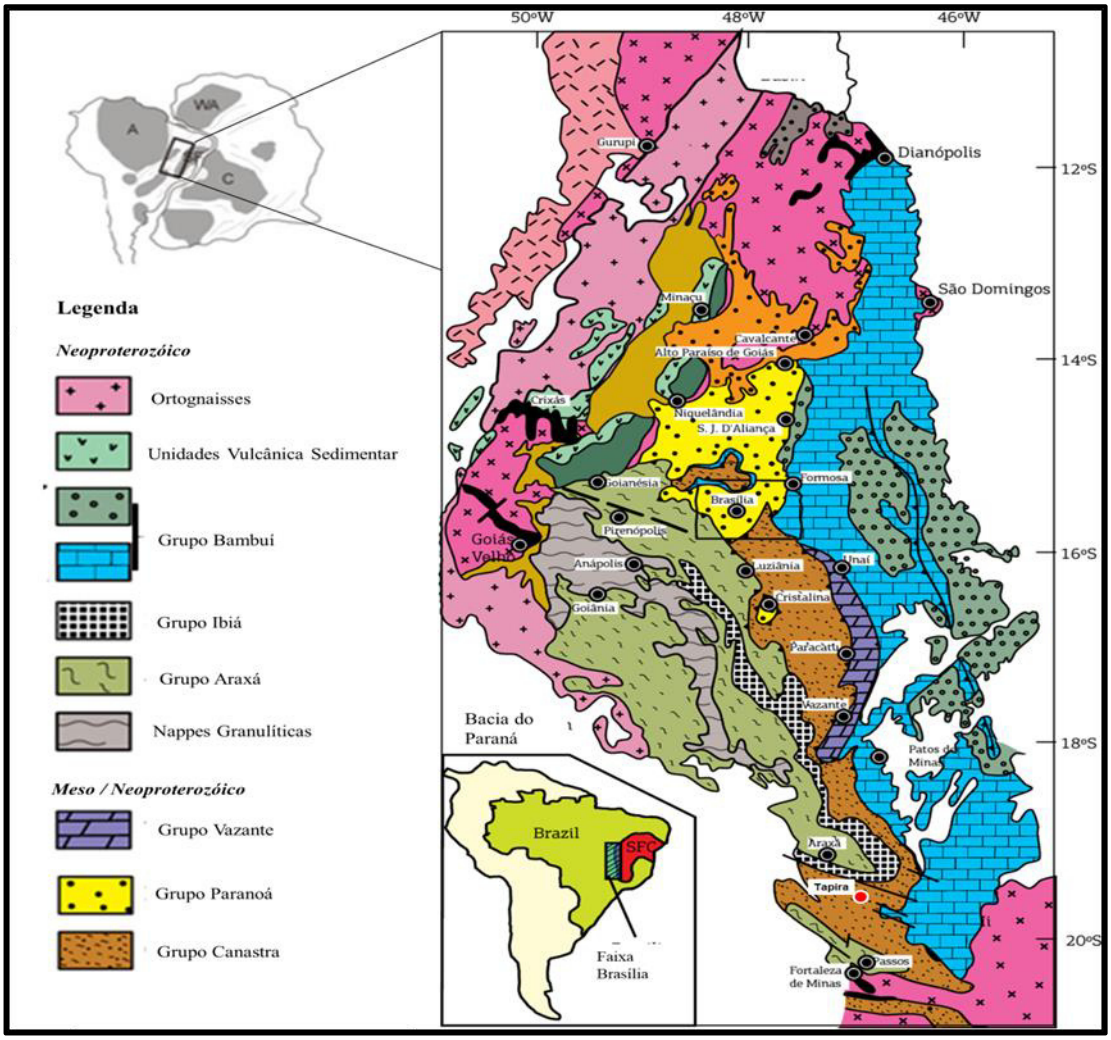


Figura 6.2 - Compartimentação geológica da Faixa Brasília (Modificado de Valeriano et al. 2000).

6.2 GEOLOGIA LOCAL

Tapira é o mais meridional dos complexos carbonatíticos da província, localizado no município de Tapira, estado de Minas Gerais, a sudoeste do Cráton São Francisco e está inserido no contexto geológico da porção sudoeste da Folha Araxá (SE.23Y-C-VI). A região de Tapira encontra-se no sudoeste do estado de Minas Gerais, na porção compreendida entre as serras da Canastra a sul e da Bocaina a norte, inserida no Bioma cerrado.

A Figura 6.3 apresenta o Complexo Minerário de Tapira pertencente à MOSAIC. O Complexo está inserido na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto do Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Localizado a aproximadamente 37 km a sudeste da cidade de Araxá, por ligação rodoviária e a uma distância da ordem de 400 km a oeste de Belo Horizonte.

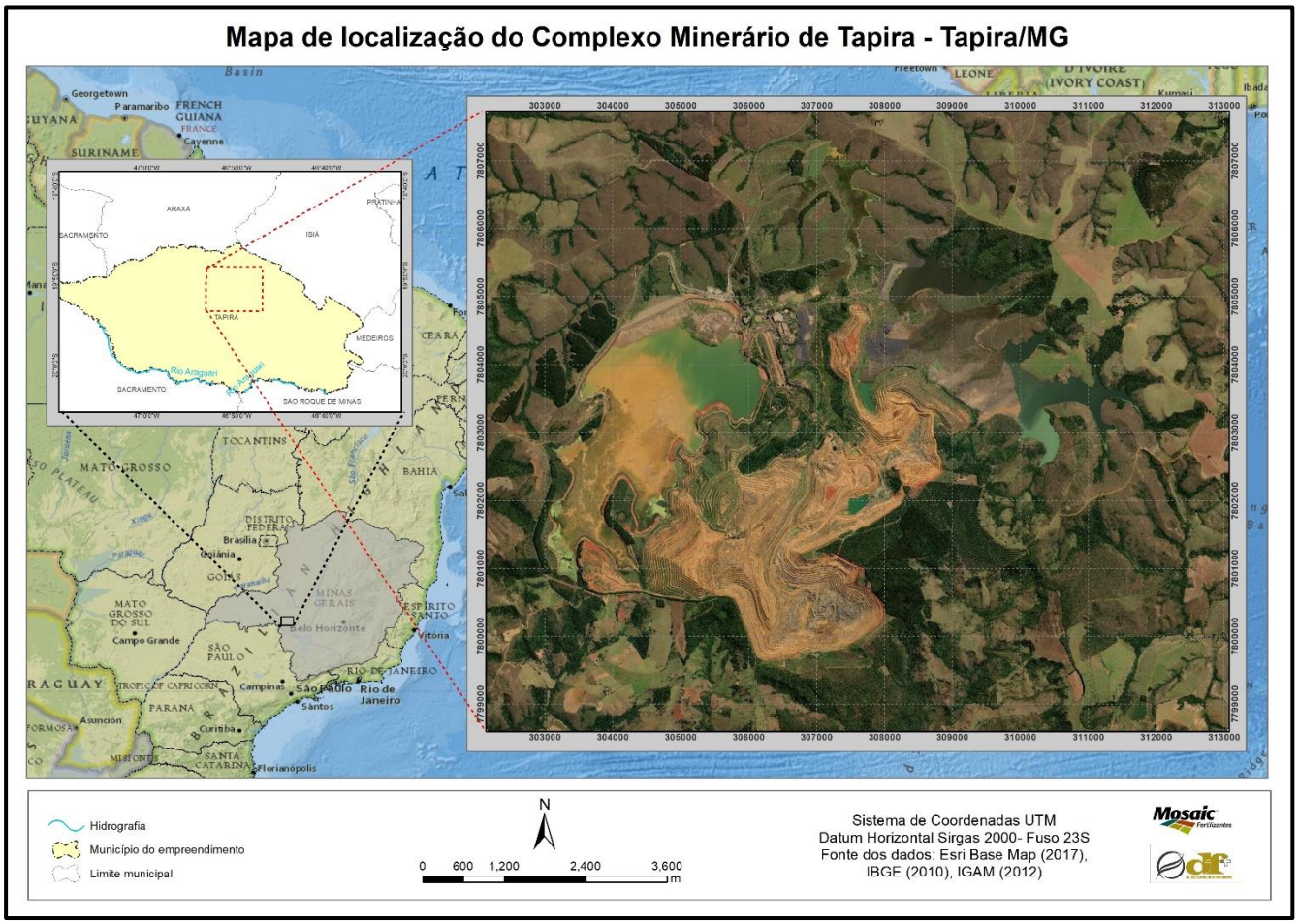


Figura 6.3 – Mapa de localização do Complexo Minerário de Tapira, pertencente ao Município de Tapira-MG.

O Complexo Tapira é uma intrusão multifásica resultado da amalgamação de intrusões de magma ultramáfico, carbonatito e sienito (Brod, 1999). O complexo é dominado por rochas ultramáficas representadas por dunitos, peridotitos, piroxenitos e bebedouritos encaixados,

comumente, em quartzitos, filitos e rochas carbonáticas e carbonáceas do Grupo Canastra (Dardenne, 2000).

O Grupo Canastra representa parte de uma bacia de margem passiva aberta no fim do mesoproterozóico com rochas que afloram em uma faixa de mais 650 km, com intensa deformação. De acordo com as grandes zonas de cisalhamento presentes na área, Silva (2003) e Silva et al. (2004) compartimentaram a área de Tapira em três domínios tectonoestruturais, descritos a seguir.

O Domínio Oeste (DW) é marcado por uma predominância de xistos e quartzitos e rochas metamáficas, metaultramáficas e gnáissicas subordinadamente, recobertas pelas rochas da Bacia do Paraná. Neste domínio ocorrem duas escamas, sendo a escama 1 pertencente ao grupo Canastra e a escama 2 ao grupo Araxá. O limite Leste deste domínio DW é marcado pela ZC Alto Araguari. No Domínio Leste (DE) são identificados xistos, com intercalações de quartzitos, quartzo xistos e rochas metaultramáficas que se sobrepõem, devido à falha de empurrão. No Domínio Leste ocorrem três escamas, a escama inferior e intermediária, pertencentes ao grupo Canastra; e a escama superior, pertencente ao grupo Araxá. As rochas do DE são separadas do Domínio Sul (DS) pela ZC Canastra. O DS é marcado por uma predominância de rochas metapsamíticas, com feições sedimentares preservadas que definem o alto topográfico marcado pela Serra da Canastra.

Na Figura 6.4 é apresentado o mapa geológico da região de Tapira segundo Silva (2003) compilado de Valeriano et al., (2004a). Discrimina-se as seguintes litologias: Domínio Oeste (DW), Escama 2: (1) Grupo Araxá. Escama1: (2) Grupo Canastra - granada-muscovita xisto com porções grafitosas e com frequentes intercalações de quartzitos micáceos. Domínio Leste (DE), Escama Superior (3) Grupo Araxá - granada-mica xisto com intercalações de granada-quartzo xisto e rochas metaultramáficas; Escama Intermediária (4) Quartzitos com intercalações de quartzo xisto e muscovita xisto; (5) Granada-mica xistos com intercalações granada grafita xistos, granada quartzitos e albita-granada mica xisto; mica xistos e quartzo xistos com intercalações métricas de quartzitos, localmente com lentes métricas de mármores (azul escuro). Escama Inferior (6) quartzitos; (7) quartzo-muscovita xistos/filitos com intercalações de quartzito e níveis feldspáticos; grafita-muscovita xistos/filitos com intercalações de quartzitos micáceos e muscovita-quartzo xistos; quartzo-muscovita xistos/filitos, com lentes e camadas decimétricas a métricas de quartzitos. Grupo Bambuí (8) Filitos e ardósias com lentes métricas de mármores. Domínio Norte, (9) Filitos/xistos sericíticos (10) Quartzitos puros a micáceos. Domínio Sul, (11) Metarenitos com intercalações de quartzo filito, quartzitos micáceos, filitos e metaconglomerados. (12) Quartzo-muscovita xistos, metarenitos bandados.

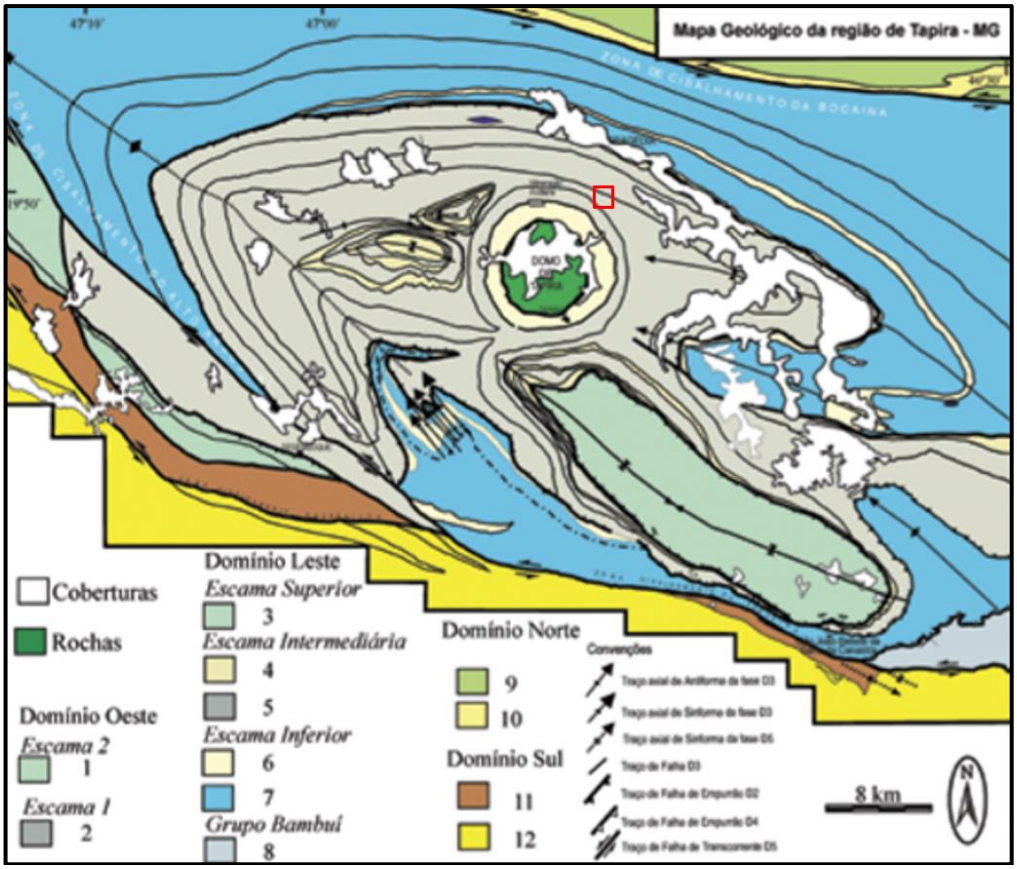


Figura 6.4 - Mapa geológico da região de Tapira com destaque para a região da Barragem BR (modificado de Valeriano et al., 2004a).

A Figura 6.5 mostra a Barragem BR, localizada na cabeceira do córrego Boa Vista e a montante da Barragem BD5, inserida no Complexo Minerário de Tapira.

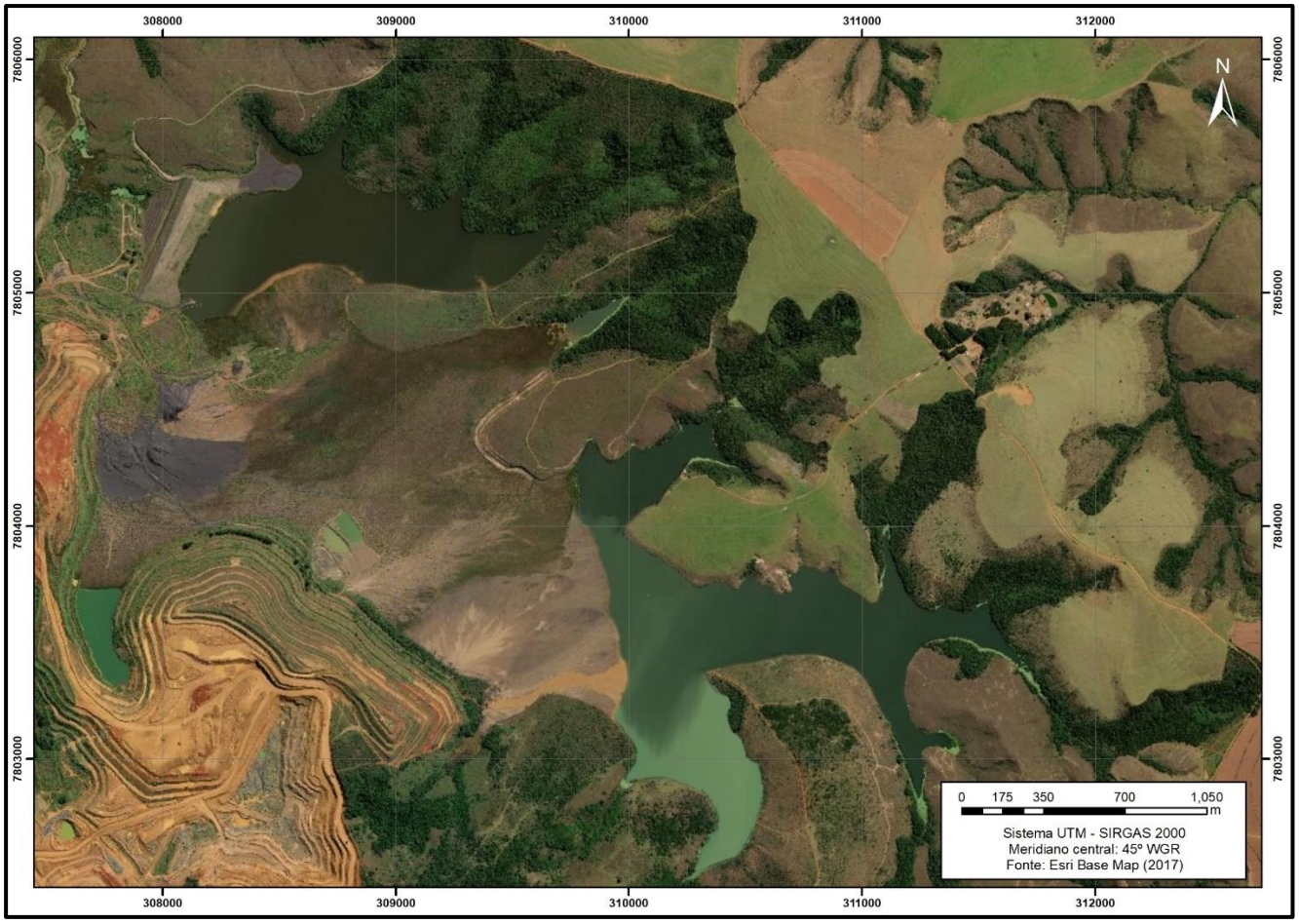


Figura 6.5 - Imagem da Barragem BR (Fonte: Google Earth, 2019).

6.3 SISMICIDADE REGIONAL

A estimativa da ameaça sísmica é de extrema relevância na engenharia geotécnica, uma vez que as diretrizes normativas (NBR 13.028:2017) recomendam avaliação da estabilidade física da estrutura perante à eventos sísmicos. Como a estrutura apresenta susceptibilidade ao fenômeno de liquefação (ver item 5.3.2 deste relatório), torna-se necessário avaliar o grau de segurança para evitar um possível gatilho ao fenômeno citado.

Para Oliveira e Marchioreto (2013), alguns sismos podem ser “induzidos” pela intervenção do homem na natureza. Contudo, sismos desta natureza registrados no Brasil possuem pequenas magnitudes. Os mesmos autores definem que, para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d’água a grandes profundidades, em planos de fraqueza do maciço rochoso subjacente ao reservatório, que estejam submetidos a estados críticos de tensão, ou seja, próximos à ruptura.

Portanto, a investigação das condicionantes geológicas é fundamental para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras, como hidrelétricas e barragens de rejeito (Lopes, 2010).

De modo geral, o período mais crítico é justamente a fase de enchimento, pois trabalhos realizados em vários reservatórios têm mostrado o início de alguma atividade sísmica ou mesmo um aumento na sismicidade local durante a fase de execução ou após um breve período de sua finalização, em um intervalo de tempo de até 3 anos após o enchimento do reservatório, ou superiores (Ribotta, 2010).

De acordo com a ABNT NBR 13.028/2017, é recomendado a utilização do critério sugerido pela Canadian Dam Association (CDA), que indica a adoção da aceleração da gravidade resultante do Sismo Máximo Provável (MCE – Maximum Credible Earthquake) para análises pseudoestáticas.

Diante do exposto e levando em consideração o critério do CDA, deve ser utilizado um tempo de recorrência para o evento sísmico entre 2.475 e 10.000 anos, assim como os registros e bibliografia existente para o território nacional remete a um tempo de recorrência de 2.475 anos.

Pelo fato de não se ter leituras sísmicas representativas da região em que a Barragem BR (Tapira) está locada, optou-se pela análise por meio de carregamentos pseudoestáticos, aplicados nas direções horizontal e vertical, especificando o coeficiente de carga sísmica correspondente. Este método de análise é o recomendado pela ABNT NBR 13.028/2017.

A Figura 6.6 representa o mapa mais atualizado para o território brasileiro e foi desenvolvido por Assumpção et al. (2016) e publicado no Boletim nº 96/2016 da Sociedade Brasileira de Geofísica e que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos.

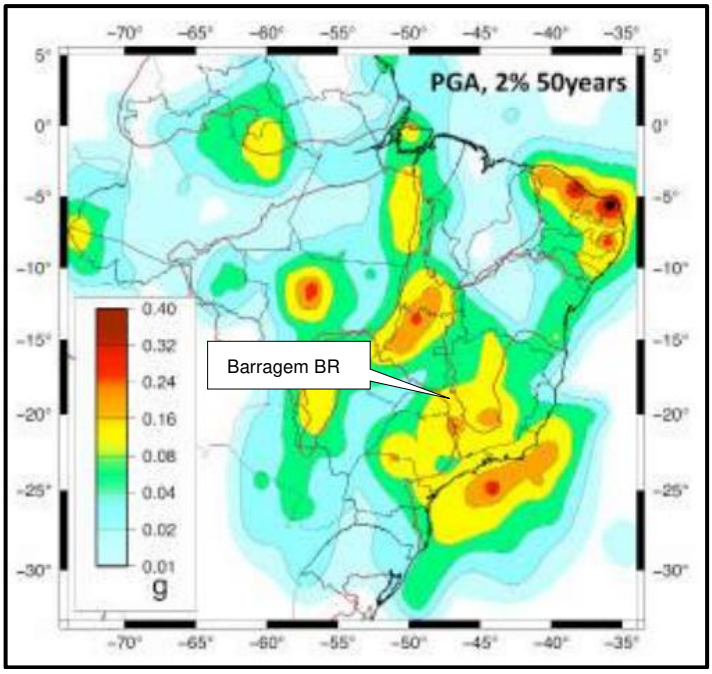


Figura 6.6 - Mapa de Ameaça Sísmica para acelerações de pico em rocha com destaque para a localização de BR (Tapira). Fonte: Boletim nº 96/2016 SGBf.

Uma observação importante é que, aparentemente, boa parte das barragens de rejeito no Brasil são projetadas para acelerações de 0,03 g ou 0,05 g, valores sugeridos por Eletrobrás (2003). A extensão das áreas verdes da Figura 6.6 sugere que estes valores precisariam ser revistos (Assumpção et al., 2016).

Portanto, com base nas informações apresentadas, a Barragem BR (Tapira) está localizada na região em que a aceleração está compreendida entre 0,08 e 0,16 g. Cabe ressaltar que a escala apresentada é regional e pode ser superestimada.

A United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC, 1508), dada a complexidade e nível de segurança em projetos nucleares, considera-se razoável a adoção do valor da aceleração horizontal de 0,10 g, valor este condizente ao intervalo de 0,08 g e 0,16 g, pelo que o mesmo foi adotado no presente trabalho.

Em relação aos movimentos verticais do terreno, ainda são poucos os dados disponíveis de modo que, na prática, os métodos de projeto se baseiam numa aceleração vertical de pico, a qual é assumida como sendo uma fração da aceleração horizontal de pico do terreno. Usualmente, utiliza-se o valor 2/3 da aceleração horizontal para a aceleração vertical (WERNER, 1976).

Portanto, foram adotados os valores de **aceleração horizontal de pico em rocha igual a 0,10 g** e **aceleração vertical de pico em rocha igual a -0,06 g** (aplicação da carga de baixo para cima).

7.0 INVESTIGAÇÕES GEOLOGICO-GEOTÉCNICAS

Neste item são descritas as informações utilizadas para definir as características geológico-geotécnicas dos materiais predominantes da Barragem BR. Para a consolidação dos parâmetros e elaboração das seções geológico-geotécnicas foram considerados os ensaios executados nas campanhas apresentadas a seguir.

7.1 CAMPANHAS DE INVESTIGAÇÃO

Este capítulo apresentará os ensaios geotécnicos, tanto de campo como de laboratório, utilizados para definir, juntamente com os aspectos geológicos indicados no capítulo anterior, as seções geológico-geotécnicas que representam o maciço da barragem BR. Para tanto foram consideradas sondagens mistas (SM), sondagens à percussão (SPT), ensaios de piezocone (CPT), além de ensaios de laboratório, descritas a seguir:

- Pattrol, campanha realizada em 2014 (relatório emitido em novembro do mesmo ano), para subsidiar o projeto de alteamento da Barragem BR para a cota 1.205,0 m, elaborado pela Geoconsultoria em 2017. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND-1097.14-002, apresenta os dados obtidos de 35 sondagens à percussão, 6 ensaios CPTu's, além de ensaios de infiltração e massa específica aparente "In Situ", com uso do frasco de areia. Ver Tabela 7-1 e Tabela 7-8.

- Pattrol, campanha realizada em 2014 (relatório emitido em janeiro de 2015), para subsidiar o projeto de alteamento da Barragem BR para a cota 1.205,0 m, elaborado pela Geoconsultoria em 2017. O relatório, cujo número é PAT-RT-LAB-1103.14-001, apresenta os dados obtidos da campanha de ensaios de laboratório realizadas em 3 poços de inspeção executados na praia de rejeitos, 2 poços de inspeção executados no maciço de magnetita e 5 poços de inspeção executados no terreno natural da ombreira esquerda e a jusante da barragem. Ver Tabela 7-11 e Tabela 7-12.

- Pattrol, campanha realizada em 2017, emitido em novembro de 2017 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND.040.2017, apresenta os dados obtidos de 9 sondagens percussivas e 8 ensaios de infiltração. Ver Tabela 7-2.

- Pattrol, campanha realizada em 2018, emitido em agosto de 2018 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-OSS.063-SOND-2018, apresenta os dados obtidos de 4 sondagens mistas e 4 ensaios de infiltração, executados na praia de rejeitos e no maciço de magnetita. Ver
- Tabela 7-3.

- Pattrol, campanha realizada em 2018, emitido em janeiro de 2019 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-OSS097-SOND-2018, apresenta os dados obtidos de 3 sondagens percussivas executadas na área industrial. Ver Tabela 7-4.

- Pattrol, campanha realizada em 2019, emitido em março de 2019 pela Pattrol. A DF+ não teve acesso ao relatório, mas sim dos resultados dos ensaios. Foram executados 7 ensaios CPTu's com dissipação de poropressão em diversos pontos, sendo estes executados tanto na praia de rejeitos quanto no maciço de magnetita. Ver Tabela 7-9.

- Damasco Penna, campanha realizada em 2019, emitido em abril de 2019 pela Damasco Penna. A DF+ não teve acesso ao relatório, mas sim do resultado do ensaio. Foi executado apenas 1 ensaio CPTu com ensaio de dissipação de poropressão em três pontos. O furo foi executado no maciço de magnetita. Ver Tabela 7-10.

- Pattrol, campanha realizada em 2019, emitido em outubro de 2019 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND-137-2019, apresenta os dados obtidos de 1 sondagem percussiva e 2 sondagens mistas executadas, além de ensaios de infiltração. Ver Tabela 7-5.

- Pattrol, campanha realizada em 2019, emitido em outubro de 2019 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND-148-2019, apresenta os dados obtidos de sondagens executadas na instalação de instrumentos, contabilizando 10 sondagens percussivas. Ver Tabela 7-6.

- Pattrol, campanha realizada em 2019, emitido em novembro de 2019 pela Pattrol. O relatório, cujo número é PAT-RT-SOND-131-2019, apresenta os dados obtidos de sondagens executadas na instalação de instrumentos, contabilizando 4 sondagens mistas. Ver Tabela 7-7.

Tabela 7-1 –Sondagens existentes – Pattrol (2014).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SP 01	10,12	308.203,00	7.805.490,00	1195,644	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 02	10,45	308.165,00	7.805.398,00	1197,750	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 03	10,45	308.116,00	7.805.283,00	1198,120	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 04	10,45	308.047,00	7.805.122,00	1196,930	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 05	10,45	308.008,00	7.805.030,00	1197,630	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 06	15,45	308.137,00	7.805.409,00	1197,280	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04

SP 07	15,45	308.088,00	7.805.294,00	1197,630	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 08	15,45	308.019,00	7.805.134,00	1198,880	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 09	15,45	307.980,00	7.805.042,00	1199,660	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 10	10,45	307.980,00	7.804.949,00	1201,665	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 11	10,34	308.158,00	7.805.509,00	1193,965	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 12	20,45	308.118,00	7.805.417,00	1216,835	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 13	7,21	308.069,00	7.805.303,00	1200,103	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 13A	20,45	308.081,13	7.805.330,60	1200,131	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 14	16,4	308.000,00	7.805.140,00	1200,175	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 15	10,41	307.915,00	7.804.960,00	1202,435	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 16	6,23	308.137,00	7.805.519,00	1192,800	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 17	15,45	308.081,13	7.805.427,92	1181,290	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 18	20,45	307.993,00	7.805.253,00	1175,287	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 19	10,45	307.965,00	7.805.157,00	1179,715	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 20	10,3	307.916,00	7.805.069,00	1187,408	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 21	6,13	308.040,96	7.805.450,22	1169,084	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 22	20,45	307.999,00	7.805.333,00	1164,704	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 23	10,42	307.930,62	7.805.170,72	1173,007	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 24	10,45	307.934,57	7.805.221,77	1164,693	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 25	10,33	307.945,00	7.805.355,00	1148,695	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP 26	4,4	307.945,00	7.805.355,00	1146,948	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP-27	10,40	307.900,0	7.805.392,0	1.145,4	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP-28(1)	10,00	308.386,0	7.805.720,0	1.205,4	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP-29(1)	10,00	308.348,0	7.805.580,0	1.206,2	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04

SP-30(1)	10,00	308.185,0	7.805.574,0	1.205,3	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
SP-31(1)	10,00	308.097,0	7.805.585,0	1.205,1	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002
SP-32(1)	10,00	308.128,0	7.805.667,0	1.215,0	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002
SP-33(1)	10,00	307.801,4	7.805.647,0	1.199,8	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002
SP-34(1)	10,00	307.962,0	7.805.639,0	1.191,0	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002
SP-35(1)	10,00	307.847,0	7.805.618,0	1.189,6	Possui log em formato PDF – PAT-RT-SOND-1097.14-002

1. Apesar da existência dos logs de sondagens no relatório PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04, o mesmo aplica as coordenadas e elevação dos furos a nomenclatura NF (Não Fornecido). Os dados de localização fornecidos neste relatório foram compilados do relatório “As Is”, elaborado pela Walm em 2019, cujo número é WBH122-17-MOSC041-RTE-0016 e na planta de locação de investigações do projeto de alteamento para a cota 1.205,00, elaborado pela Geoconsultoria em 2017.

Tabela 7-2 –Sondagens a percussão existentes – Pattrol (2017).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SP- BR-36	2,25	308.354,393	7.805.722,570	1209,620	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-37	2,24	308.323,736	7.805.608,854	1211,477	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-38	2,1	308.194,463	7.805.596,272	1211,057	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-39	3,1	308.053,413	7.805.654,530	1206,406	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-40	1,15	307.766,90*	7.805.604,04*	1148*	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-41	11,25	307.888,844	7.805.427,407	1145,005	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-42	4,1	307.994,259	7.805.444,296	1158,915	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-43	4,15	307.923,280	7.805.365,809	1146,778	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017
SP- BR-44	10,12	307.964,198	7.805.414,661	1144,996	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-040.2017

* Coordenadas de projeto e cota aproximada de curva de topo do mapa. Falta coordenada de fechamento

Tabela 7-3 –Sondagens mistas existentes – Pattrol (2018).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SM-01	20,22	307.956,62	7.805.051,00	1.200,08	Possui log em formato PDF - PAT-RT-OSS.063-SOND-2018
SM-03	17,45	307.966,31	7.805.157,72	1.180,25	Possui log em formato PDF - PAT-RT-OSS.063-SOND-2018
SM-04	50,03	308.037,24	7.805.220,08	1.199,82	Possui log em formato PDF - PAT-RT-OSS.063-SOND-2018
SM-06	20,45	307.964,92	7.805.252,75	1.164,05	Possui log em formato PDF - PAT-RT-OSS.063-SOND-2018

Tabela 7-4 –Sondagens à percussão existentes – Pattrol (2018).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SPT-01	15,45	308.408,01	7.804.720,96	1.208,12	Possui log em formato PDF - PAT-OSS.097.2018
SPT-02	15,45	308.565,98	7.804.781,02	1.200,04	Possui log em formato PDF - PAT-OSS.097.2018
SPT-03	15,45	308.626,93	7.804.886,08	1.197,54	Possui log em formato PDF - PAT-OSS.097.2018

Tabela 7-5 –Sondagens à percussão existentes – Pattrol (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SP-01	15,45	307.943,39	7.805.308,88	NF	Possui log em formato PDF - PAT-SOND.137.2019-REV00
SM-03	8,45	NF	NF	NF	Possui log em formato PDF - PAT-SOND.137.2019-REV00
SM-04	4,45	NF	NF	NF	Possui log em formato PDF - PAT-SOND.137.2019-REV00

*NF-Não Fornecido

Tabela 7-6 –Sondagens percussivas existentes – Pattrol (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SP-INA-101	28,27	308.063,48	7.805.421,06	1.176,05	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-INA-102	21,45	307.970,08	7.805.237,02	1.170,33	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-INA-103	45,26	308.009,29	7.805.226,61	1.188,84	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-INA-104	24,45	308.004,35	7.805.377,47	1.160,00	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-INA-105	18,45	307.973,03	7.805.307,45	1.159,92	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-PZ-101	31,11	308.065,08	7.805.426.39	1.177,16	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-PZ-106	27,06	307.971,57	7.805.240,83	1.170,55	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-PZ-107	29,07	308.006,05	7.805.380,83	1.160,07	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SP-PZ-108	23,12	307.971,33	7.805.302,99	1.159,88	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02
SR-PZ-109	47,30	308.011,48	7.805.230,36	1.188,84	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-148-2019-REV02

Tabela 7-7 –Sondagens mistas existentes – Pattrol (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
SM-PZ-102	50,00	308.049,90	7.805.357,86	1.182,19	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND.131-2019
SM-PZ-103	36,11	308.027,94	7.805.371,55	1.170,90	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND.131-2019
SM-PZ-104	45,18	308.016,10	7.805.286,76	1.181,12	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND.131-2019

SM-PZ-105	33,17	307.997,49	7.805.296,22	1.170,95	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND.131-2019

Tabela 7-8 – CPTu's existentes – Pattrol (2014).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
CPTU - 02	11,95	308.163,73	7.805.398,69	1.197,84	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 03	17,95	308.117,80	7.805.281,69	1.197,86	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 04	11,95	308.045,64	7.805.122,64	1.197,01	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 05	7,60	308.006,88	7.805.030,87	1.197,72	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 07	17,95	308.089,82	7.805.293,04	1.197,65	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04
CPTU - 09	8,90	307.978,44	7.805.043,09	1.199,69	Possui log em formato PDF - PAT-RT-SOND-1097.14-002 – Rev04

Tabela 7-9 – CPTu's existentes – Pattrol (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
CPTU-1	56,40	308.109,96	7.805.334,04	1.198,827	Possui perfil. Doc. CPTU-01.xls datado de 03/2019
CPTU-2	45,70	308.081,96	7.805.350,52	1.200,210	Possui perfil. Doc. CPTU-02.xls datado de 03/2019
CPTU-3	33,35	308.040,68	7.805.361,57	1.175,062	Possui perfil. Doc. CPTU-03.xls datado de 03/2019
CPTU-4	25,20	308.005,11	7.805.375,19	1.159,966	Possui perfil. Doc. CPTU-04.xls datado de 03/2019
CPTU-5	13,30	307.979,50	7.805.385,62	1.149,436	Possui perfil. Doc. CPTU-05.xls datado de 03/2019

CPTU-6	36,20	308.020,01	7.805.287,96	1.180,001	Possui perfil. Doc. CPTU-06.xls datado de 03/2019
CPTU-7	19,45	307.982,96	7.805.298,16	1.163,906	Possui perfil. Doc. CPTU-07.xls datado de 03/2019

Tabela 7-10 – CPTu's existentes – Damasco Penna (2019).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			RASTREABILIDADE
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
CPTU - 03	35,40	308.040,68	7.805.361,56	1.175,06	Possui perfil. Doc. CPTU-03.xls datado de 04/2019

Tabela 7-11 – Poços de investigação existentes - Pattrol (2014).

FURO	PROF. (m)	COORDENADAS (m)			OBSERVAÇÃO / RASTREIO
		ESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	
PI - 01	1,20 a 1,50	308.165,00	7.805.398,00	1197,750	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 02	1,20 a 1,50	308.008,00	7.805.030,00	1197,630	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 03	1,20 a 1,50	308.019,00	7.805.134,00	1198,880	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 04	1,20 a 1,50	308.081,13	7.805.427,92	1181,290	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 05	1,20 a 1,50	307.999,00	7.805.333,00	1164,704	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 06	2,15 a 2,45	307.980,00	7.804.949,00	1201,665	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 07	2,15 a 2,45	307.916,00	7.805.069,00	1187,408	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 08	2,15 a 2,45	307.930,62	7.805.170,72	1173,007	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 09	2,15 a 2,45	307.934,57	7.805.221,77	1164,693	PAT-RT-LAB-1103.14-001
PI - 10	2,15 a 2,45	307.945,00	7.805.355,00	1146,948	PAT-RT-LAB-1103.14-001

(1) Foram coletadas amostras indeformadas para realização de ensaios de caracterização, permeabilidade e resistência.

Tabela 7-12 – Tipos de ensaios por amostra - Pattrol (2014).

Amostra	Local	Material	Tipo de Amostra	Caracterização	Resistência
PI - 01	Praia de Rejeito	Rejeito de flotação silto arenoso cinza	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 02	Praia de Rejeito	Rejeito de flotação silto arenoso cinza	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 03	Praia de Rejeito	Rejeito de flotação silto arenoso cinza	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 04	Maciço de Magnetita	Areia média (magnetita)	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 05	Maciço de Magnetita	Areia média (magnetita)	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 06	Terreno Natural – Ombreira Esquerda	Silte argilo arenoso, marrom com partes amarelas	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 07	Terreno Natural – Ombreira Esquerda	Silte areno argiloso	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 08	Terreno Natural – Ombreira Esquerda	Argila silto arenosa	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 09	Terreno Natural – Ombreira Esquerda	Argila silto arenosa	Deformada e Indeformada	X	X
PI - 10	Terreno Natural - Jusante	Silte areno argiloso amarelo	Deformada e Indeformada	X	X

7.2 SEÇÕES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS

A Figura 7.1 apresenta as sondagens consolidadas para investigação da Barragem BR e as devidas seções investigadas, Seção A, B, C, D, E, F, G e H, apresentadas da Figura 7.2 a Figura 7.9.

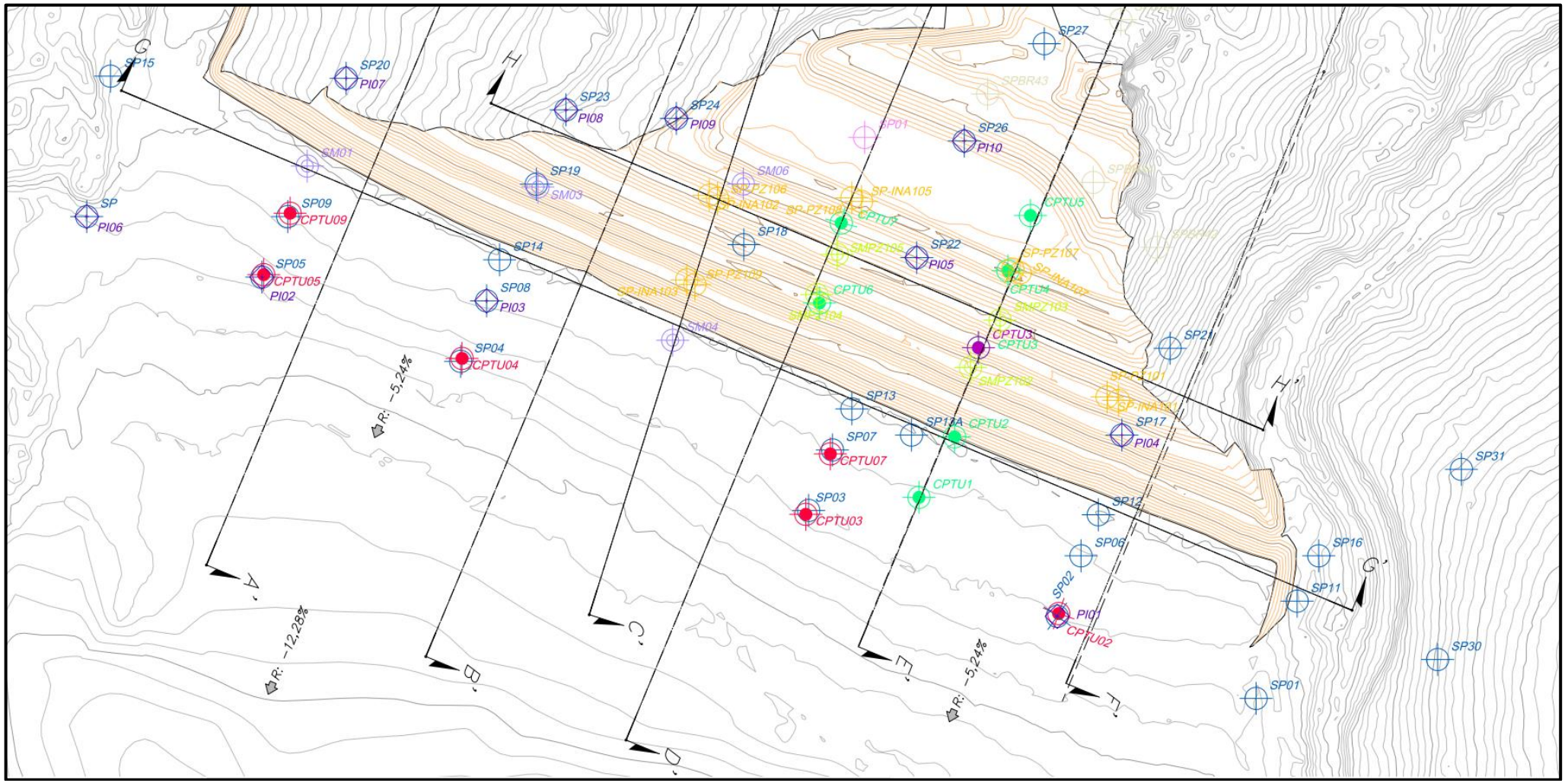


Figura 7.1 - Sondagens Executadas

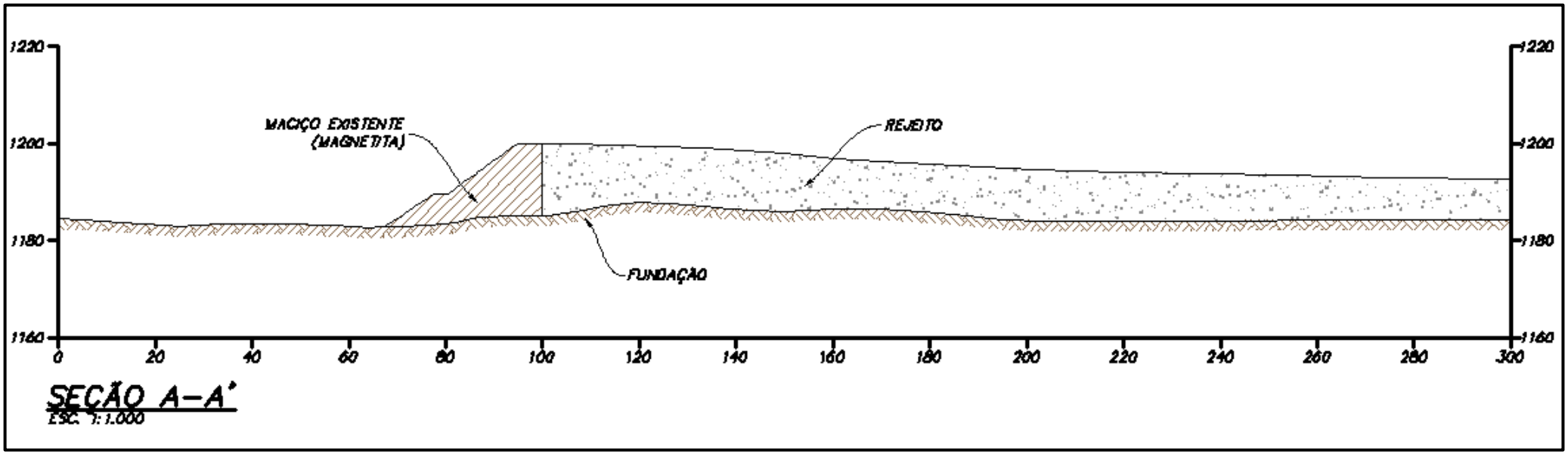


Figura 7.2 - Barragem BR - Seção A - A'

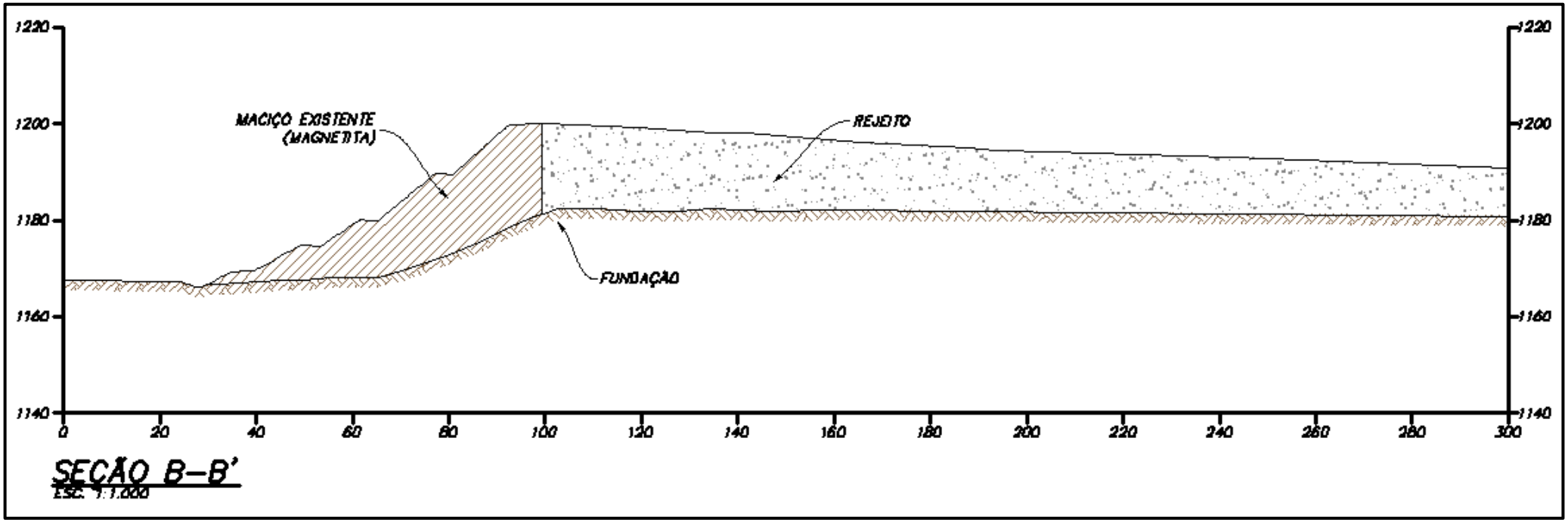


Figura 7.3 - Barragem BR - Seção B - B'

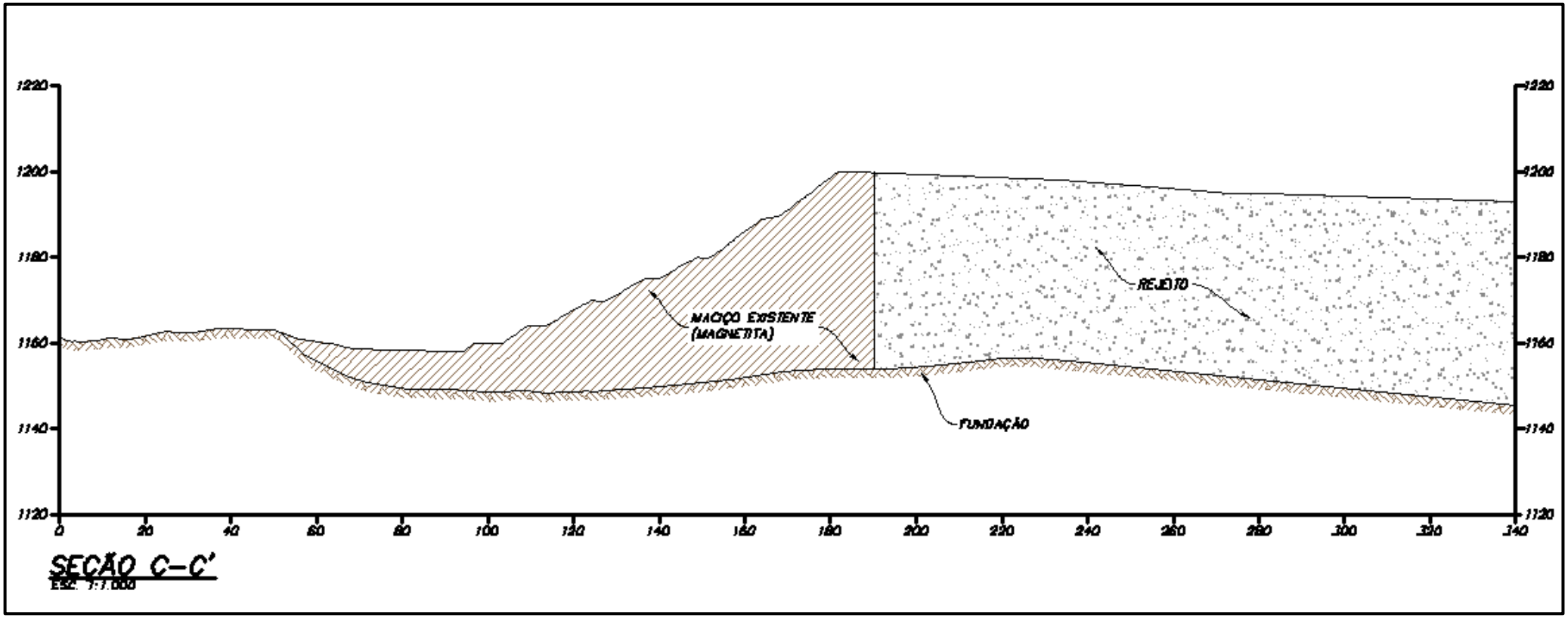


Figura 7.4 - Barragem BR - Seção C - C'

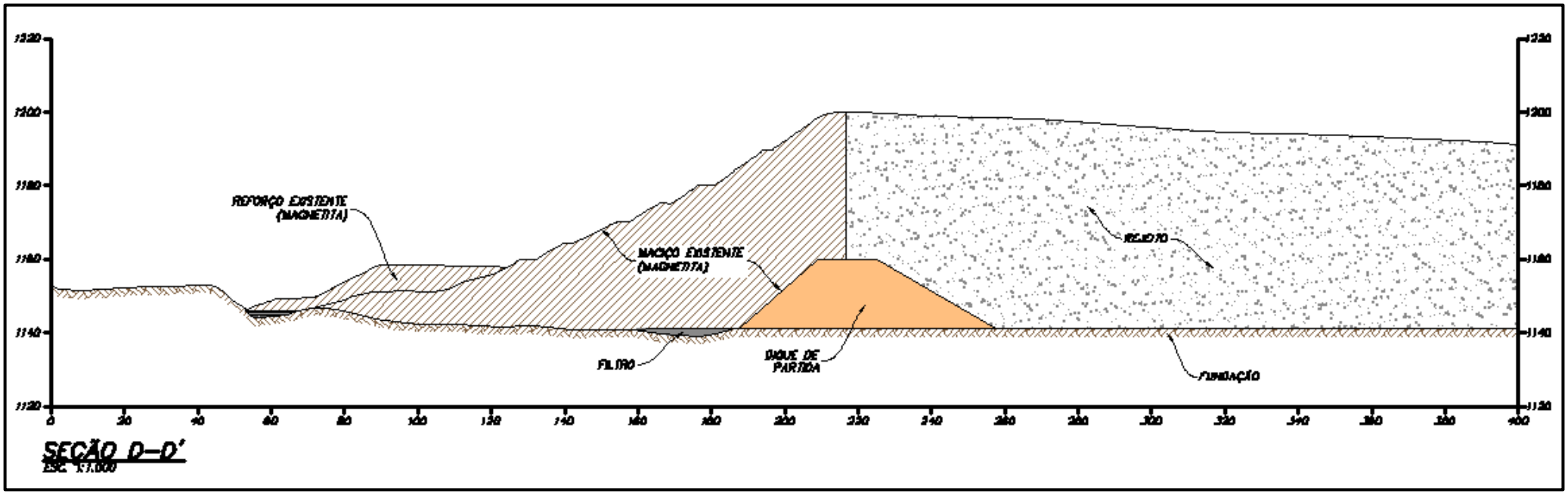


Figura 7.5 - Barragem BR - Seção D - D'

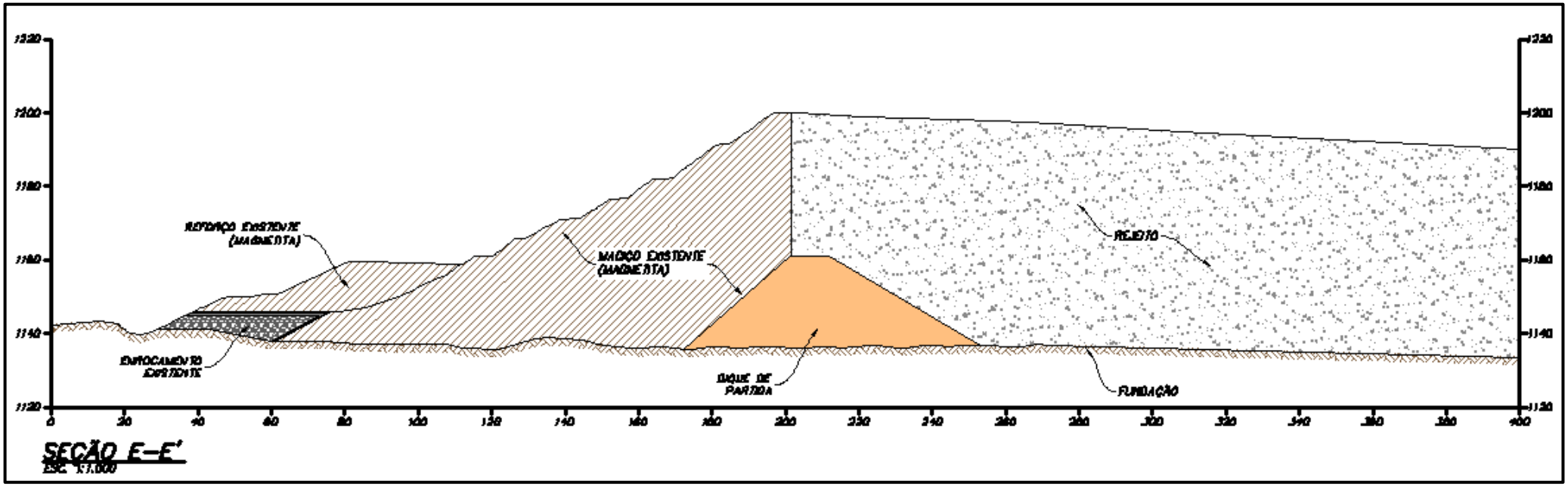


Figura 7.6 - Barragem BR - Seção E - E'

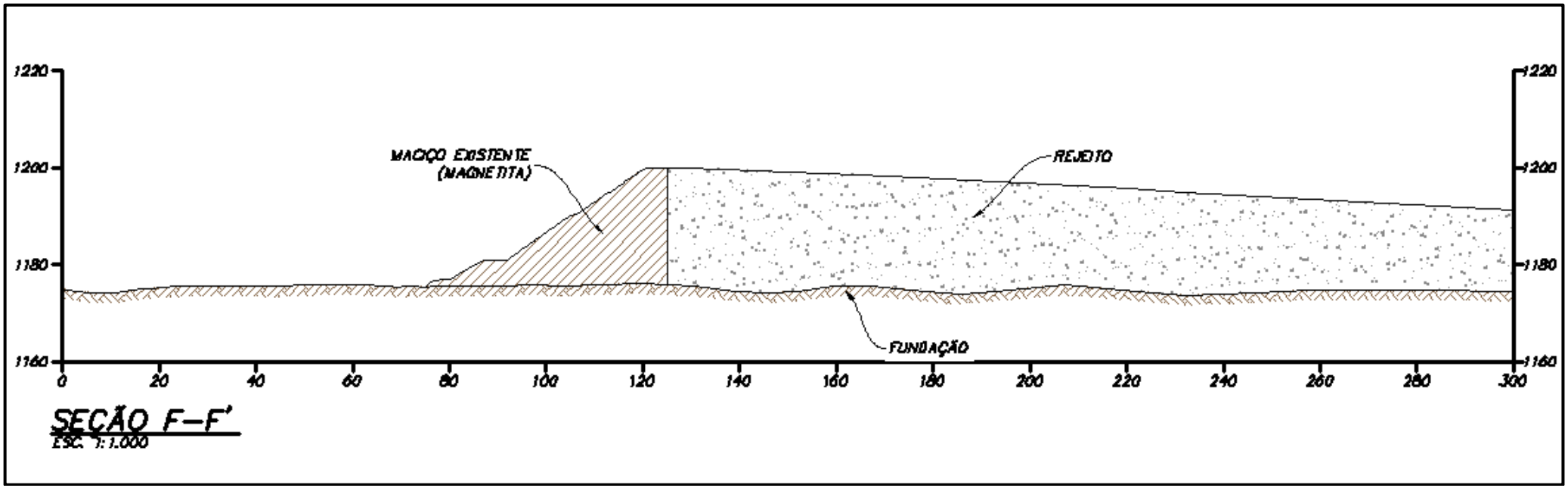


Figura 7.7 - Barragem BR - Seção F - F'

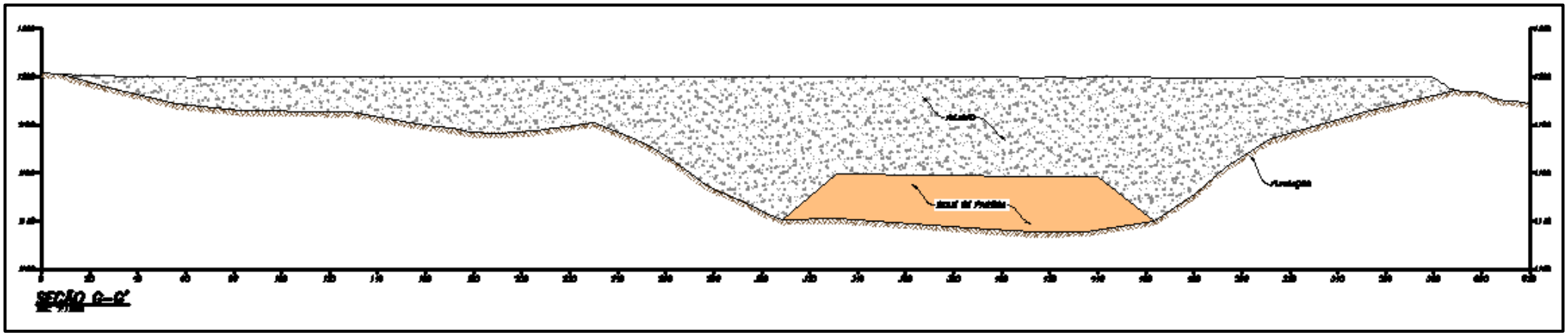


Figura 7.8 - Barragem BR - Seção G - G'

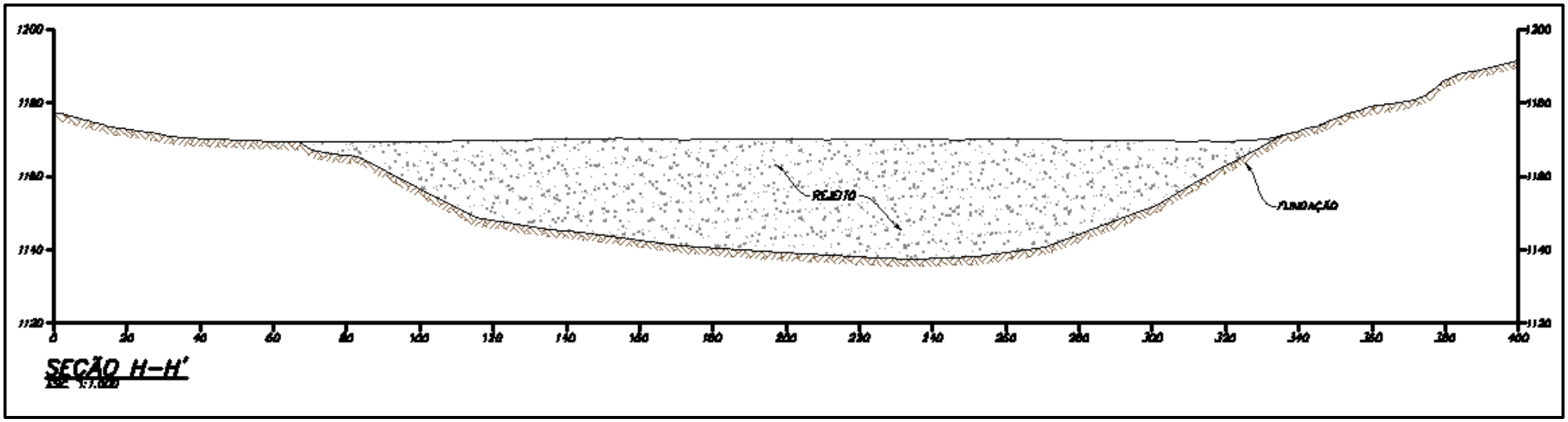


Figura 7.9 - Barragem BR - Seção H - H'

8.0 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

8.1 INSTRUMENTAÇÕES DE CONTROLE

A Barragem BR é monitorada por 05 (cinco) piezômetros tipo Casagrande, 04 (quatro) piezômetros elétricos, 14 (quatorze) indicadores de nível d'água, 04 (quatro) indicadores de nível d'água elétricos, 02 (dois) medidores de vazão, 10 (dez) marcos superficiais, 01 (uma) régua do reservatório. Os dados dos instrumentos são apresentados na Tabela 8-1.

Tabela 8-1 – Dados dos instrumentos de monitoramento da Barragem BR

Instrumento	Coordenadas		Cota de topo (m)	Prof. (m)
	N	E		
INA-01	7.805.178,2	308.009,3	1.201,2	36,8
INA-02	7.805.270,1	308.048,9	1.201,1	40,8
INA-03	7.805.288,5	308.017,0	1.180,8	33,2
INA-04	7.805.294,3	307.993,5	1.170,4	26,9
INA-05	7.805.346,0	308.080,6	1.201,6	44,0
INA-06	7.805.352,7	308.046,4	1.182,1	36,2
INA-07	7.805.368,1	308.024,5	1.170,8	27,4
INA-08	7.805.435,3	308.118,4	1.201,8	39,8
INA-09	7.805.075,2	307.970,0	1.201,1	21,0
INA-101	7.805.413,3	308.036,6	1.177,3	28,3
INA-102	7.805.229,2	307.943,2	1.170,3	21,5
INA-103	7.805.218,9	307.982,4	1.190,0	43,3
INA-104	7.805.369,9	307.977,5	1.161,2	24,5
INA-105	7.805.299,8	307.946,1	1.161,1	18,5
INA-OD-01	7.805.537,6	308.004,0	1.187,1	17,6
INA-OD-02	7.805.524,4	307.990,9	1.177,9	10,9
INA-OD-03	7.805.508,3	307.974,8	1.171,9	13,5
INA-OE-01	7.805.263,9	307.900,0	1.163,9	13,5
PZ-101	7.805.418,7	308.038,2	1.177,2	31,1
PZE-102	7.805.357,9	308.049,9	1.182,3	49,9
PZE-103	7.805.371,6	308.027,9	1.171,0	36,0
PZE-104	7.805.296,6	307.996,6	1.181,2	34,0
PZE-105	7.805.286,3	308.016,6	1.171,1	46,0
PZ-106	7.805.233,0	307.944,7	1.170,5	26,9
PZ-107	7.805.372,9	307.979,2	1.161,2	29,1
PZ-108	7.805.295,2	307.944,4	1.161,0	23,1
PZ-109	7.805.222,6	307.974,6	1.190,0	47,3
MS-01	7.805.531,6	307.996,4	1.181,5	-
MS-02	7.805.525,8	307.989,2	1.177,9	-
MS-03	7.805.511,1	307.972,4	1.171,4	-
MS-04	7.805.177,6	308.008,3	1.200,7	-
MS-05	7.805.201,4	307.952,8	1.169,9	-
MS-06	7.805.269,7	308.048,0	1.200,2	-
MS-07	7.805.292,4	307.994,6	1.170,6	-

Instrumento	Coordenadas		Cota de topo (m)	Prof. (m)
	N	E		
MS-08	7.805.307,6	307.957,0	1.155,3	-
MS-09	7.805.344,9	308.080,2	1.200,2	-
MS-10	7.805.366,7	308.025,0	1.170,5	-
MS-11	7.805.384,7	307.989,7	1.154,7	-
MV-2	-	-	-	-
MV-4	7.805.260,0	307.891,0	1.161,0	
RÉGUA	7.804.948,3	308.112,7	1.193,8	-

8.1.1 Histórico de Leituras

Foram analisadas as leituras do período de janeiro de 2017 a abril de 2020. Da Figura 8.1 a Figura 8.5 são apresentados os gráficos com os históricos de leituras dos instrumentos da Barragem BR, extraídos da planilha monitora FF28.03_-_PM05-R10_-_BR.

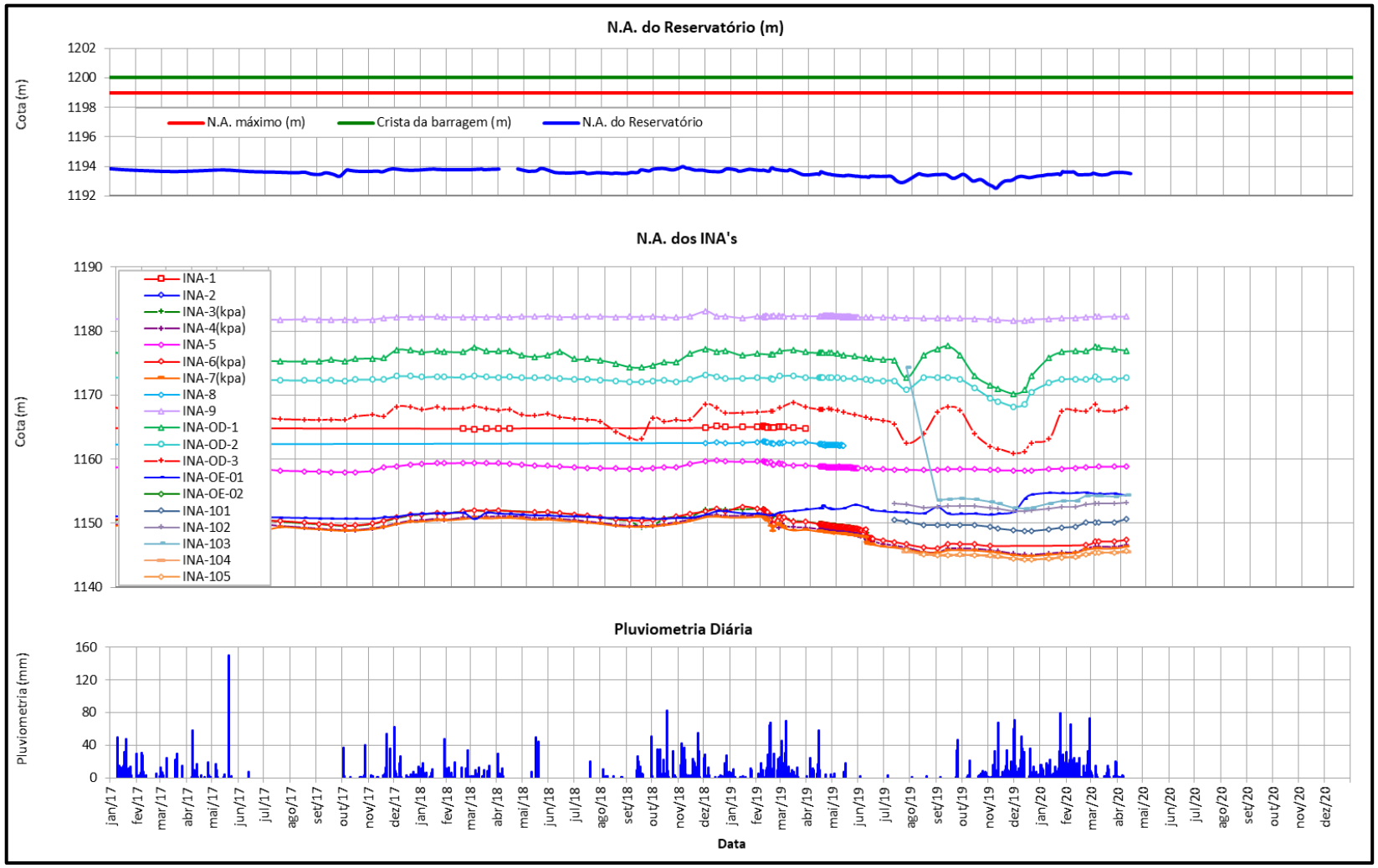


Figura 8.1 – Histórico de leituras dos indicadores de nível de água – Barragem BR

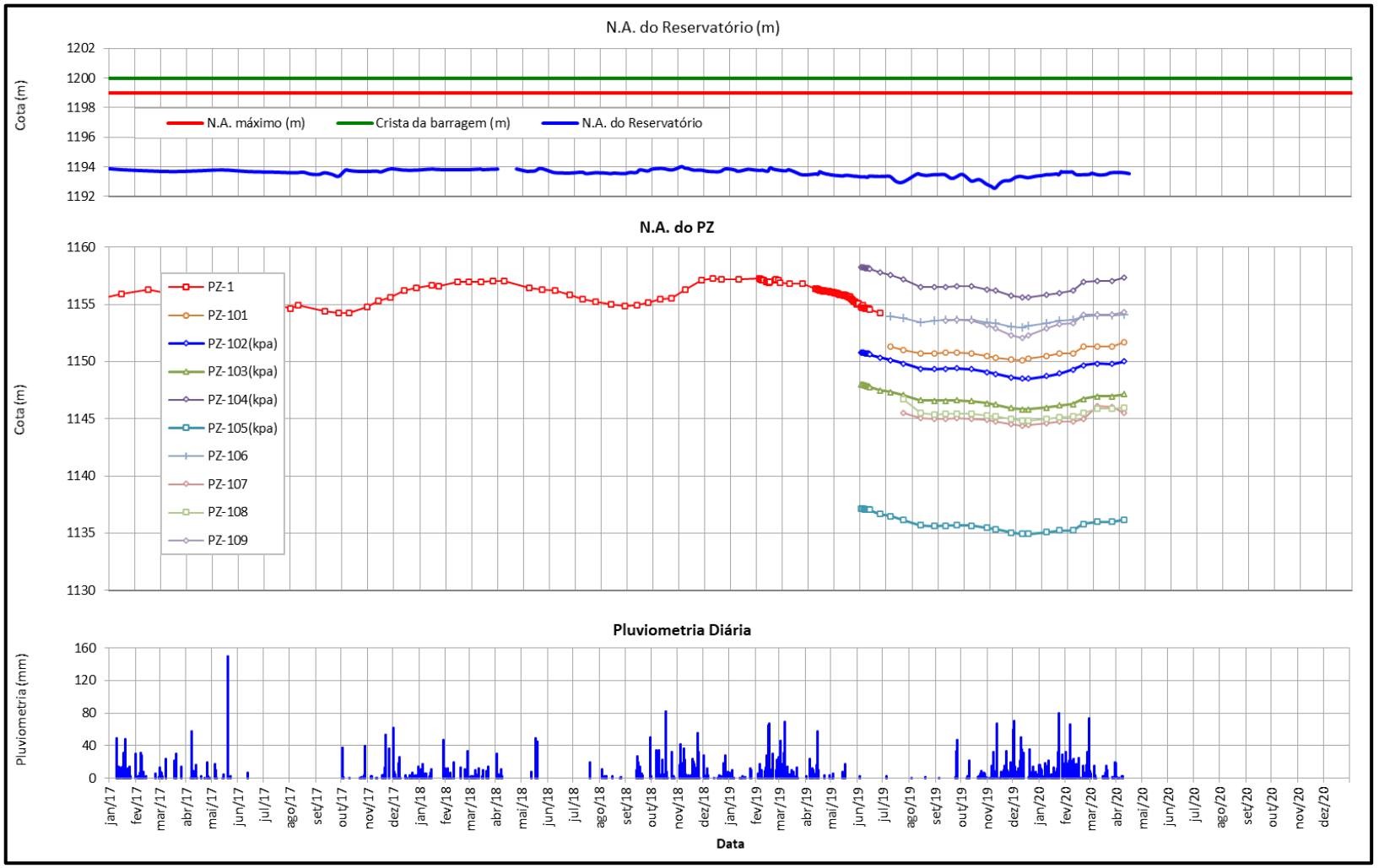


Figura 8.2 - Histórico de leituras dos piezômetros – Barragem BR

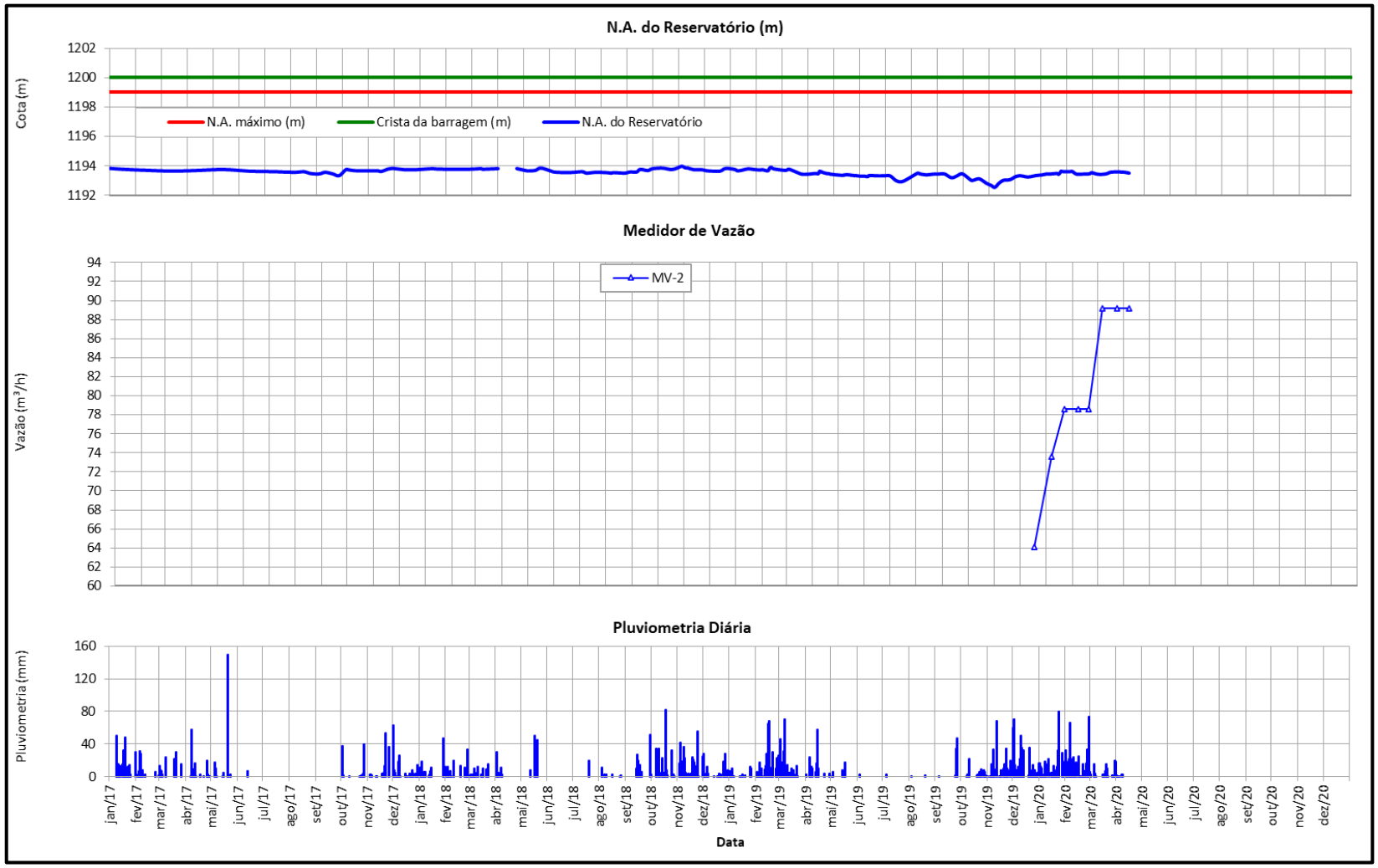


Figura 8.3 - Histórico de leituras dos medidor de vazão MV-2 – Barragem BR

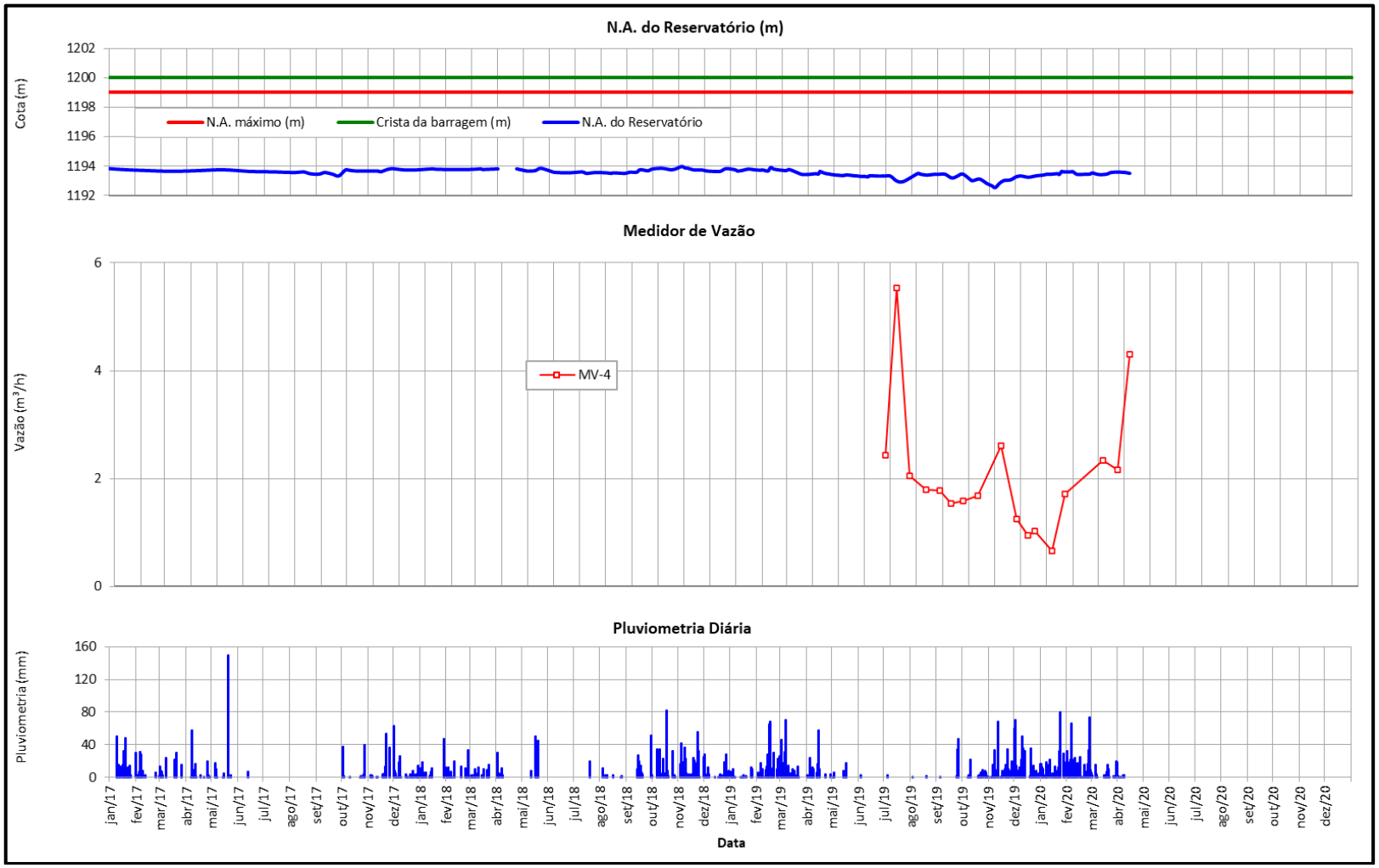


Figura 8.4 - Histórico de leituras dos medidor de vazão MV-4 – Barragem BR

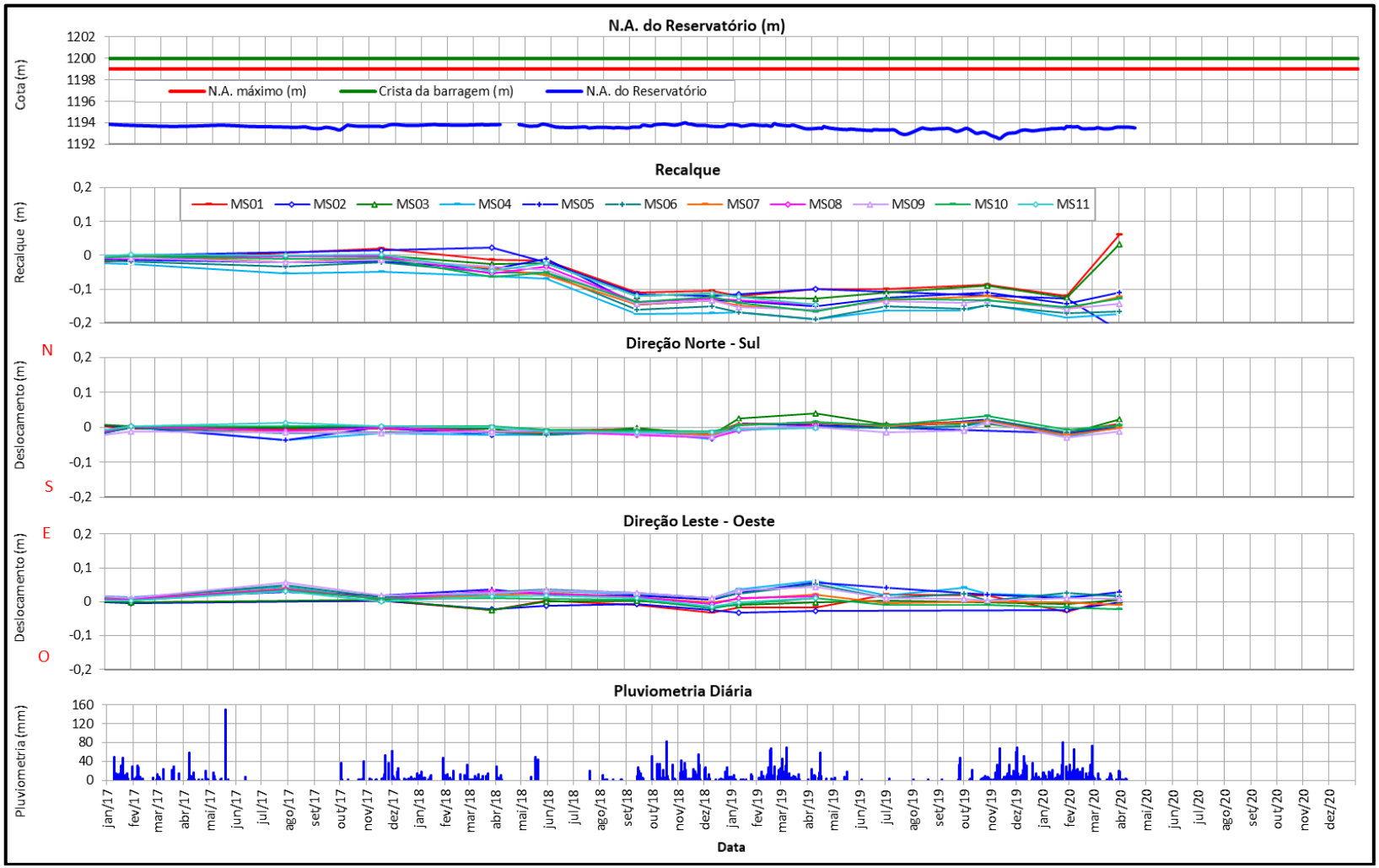


Figura 8.5 - Histórico de leituras dos marcos superficiais – Barragem BR

Os instrumentos instalados no maciço da Barragem BR apresentaram, de maneira geral, um comportamento sazonal, com pequenas variações entre os períodos chuvosos e os períodos secos. Porém, os indicadores de nível d'água INA-OD-01, INA-OD-02 e INA-OD-03 destacam-se por terem sofrido maiores variações a partir de julho de 2019, enquanto o INA-103 sofreu apenas uma grande variação entre agosto e setembro do mesmo ano, estabilizando-se em seguida. Além disso, os medidores INA-03, INA-04, INA-06 e INA-07 também apresentaram uma variação de leitura mais representativa após abril de 2019, sofrendo uma redução gradual de suas leituras, provavelmente devido à sua automatização.

Destaca-se que o indicador de nível d'água INA-02 apresentou-se seco durante todo o período de estudo e o piezômetro PZ-01 foi substituído pelo PZ-101, por isso houve a interrupção em suas leituras. Em março e junho de 2019 foram instalados mais 04 (quatro) piezômetros elétricos, nomeados e as leituras dos mesmos estavam com tendência de queda até o início do período chuvoso em dezembro/2019.

Nota-se que a partir de fevereiro de 2019 os instrumentos apresentaram uma tendência de queda das leituras. Segundo o RISR do primeiro ciclo de 2020 elaborado pela Walm, Relatório WBH122-17-MOSC106-RTE-0014, isso ocorreu após o "desafogamento" do pé da Barragem BR, com a construção de uma ensecadeira a jusante, impedindo a influência da água da Barragem BD5 situada a jusante, e após a realização de bombeamento da água percolada pelo maciço.

O instrumento PZ-01 foi substituído pelo PZ-101, conforme apresentado na Figura 8.2. Nota-se que há uma tendência de elevação das leituras durante o período chuvoso e um decréscimo das mesmas durante o período seco. Em maio e junho de 2019 foram instalados mais 04 (quatro) piezômetros elétricos, nomeados PZ-102, PZ-103, PZ-104 e PZ-105, que tiveram leituras com tendência de queda até o início do período chuvoso em dezembro/2019.

Os medidores de vazão MV-2 e MV-4 apresentam um curto período de leituras, a partir de dezembro e junho de 2019, respectivamente. A vazão do MV-2 variou entre 64 m³/h no período seco à 89 m³/h no período chuvoso. Enquanto o MV-4 variou entre 1 e 5 m³/h, porém sem apresentar comportamento relacionado à pluviometria.

Já os marcos superficiais, apresentaram leituras estáveis até meados de 2018, tendo nesse período uma variação em torno de 0,1 m em recalque, tendo se estabilizado novamente após tal variação. Porém, o MS-01 e o MS-03 sofreram nova variação, de magnitude semelhante e sentido contrário.

8.1.1 Seções Instrumentadas

A Figura 8.6 apresenta a planta de instrumentação com as seções A, B, C, D, E, F, G e H devidamente locadas.

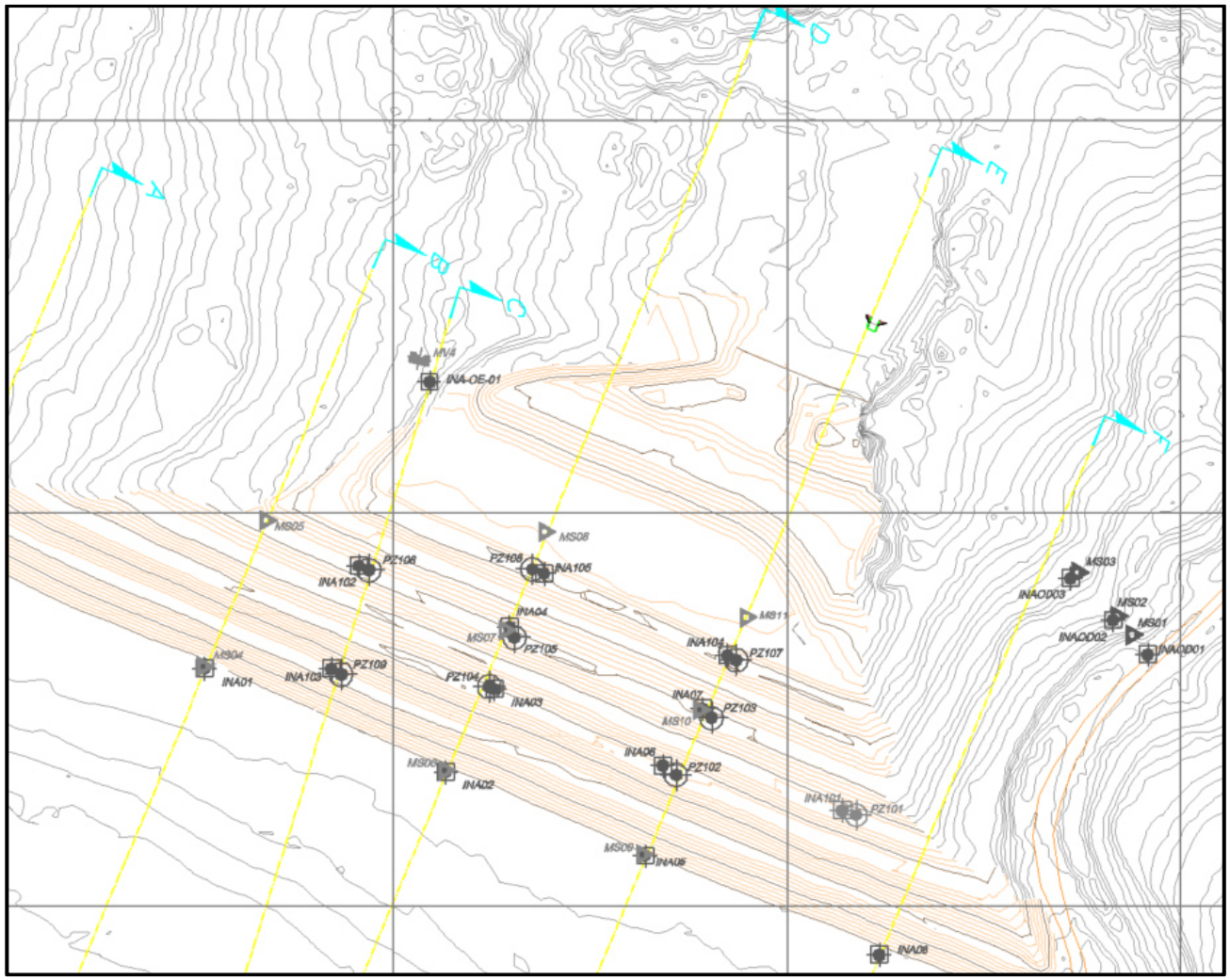


Figura 8.6 - Seções Instrumentadas

8.2 REJEITO DE FLOTAÇÃO

Para a caracterização dos rejeitos foram utilizados dados não só de investigações de campo como sondagens SPT, ensaios de piezocone e ensaios de laboratório, conforme descrição a seguir:

- SPT
  - Campanha de 8 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2014;
  - Campanha de 3 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2019;

- Ensaios CPTu
  - Campanha de seis (6) ensaios Piezocone – CPTu realizados pela Pattrol em 2014 (PAT-RT-SOND-1097.14-002);
  - Campanha de 2 (dois) ensaios Piezocone – CPTu realizada pela Pattrol em 2019. Nesta campanha foram realizados 8 ensaios de dissipação de pororpressão em profundidades distintas.

As informações sobre todos os furos realizados de CPTu podem ser visualizadas na Tabela 8-2.

Tabela 8-2 – Resumo dos ensaios de CPTu's e dissipação (Pattrol, 2014 e Pattrol, 2019)

Furo	Profundidade Final CPTu (m)	Profundidades de execução dos ensaios de dissipação (m)				
CPTU - 02 (Pattrol 2014)	11,95	-				
CPTU – 03 (Pattrol 2014)	17,95	-				
CPTU - 04 (Pattrol 2014)	11,95	-				
CPTU – 05 (Pattrol 2014)	7,60	-				
CPTU - 07 (Pattrol 2014)	17,95	-				
CPTU - 09 (Pattrol 2014)	8,90	-				
CPTU – 01 (Pattrol 2019)	56,40	43,95	46,95	50,00	53,00	56,00
CPTU – 02 (Pattrol 2019)	45,70	41,85	42,40	45,20	-	-

Osresultados dos ensaios foram interpretados e consolidados através do software CPTit-3.0, no qual foram lançados os dados brutos de todos os ensaios e, em seguida, cada um foi tratado isoladamente. Por fim, os dados referentes ao mesmo material foram reunidos para interpretação dos parâmetros, como será discutido adiante;

Importante destacar que, o N.A em cada furo foi estabelecido a partir da leitura informada no ensaio e também da comparação com furos de sondagens realizados próximos aos furos de CPTu's.

- Ensaios de resistência ao cisalhamento do tipo triaxial

  - Campanha de investigação realizada pela empresa Pattrol no ano de 2014 em que foram retiradas 2 amostras indeformadas, em três poços de investigação distintos (PI01, PI02 e PI03). A partir de tais amostras, foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIU (adensadas isotropicamente não drenadas).

8.2.1 Caracterização Física

Para a caracterização física dos rejeitos de flotação foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) perfazendo um total de três amostras (PI01, PI02 e PI03), conforme apresentado na Tabela 8-3.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a massa específica dos sólidos (δ) variou entre 3,41 a 3,51 g/cm³ e o peso específico natural dos rejeitos variou entre 17,74 kN/m³ a 19,38 kN/m³. Com relação a compacidade relativa (CR) do material, verificou-se que o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66. Segundo a classificação sugerida por Terzaghi (1947), o rejeito apresenta-se medianamente compacto. Destaca-se que este material foi coletado na superfície da praia de rejeito, onde há tráfego de veículos para lançamento e manutenção da praia o que pode impactar no comportamento da amostra, ocasionando em resultados que podem não ser aplicados à todo o rejeito de flotação depositado.

Tabela 8-3 – Resumo dos resultados de caracterização física dos rejeitos.

Amostra	Prof. (m)	γnat kN/m3	w(4)nat (%)	γd (1) kN/m3	enat(2)	emáx	emín	CR(5)	δ g/cm³	γsat(3) kN/m3	Granulometria					
											Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-01	1,2 a 1,5	19,38	15,6	16,78	1,03	1,24	0,78	0,46	3,41	19,41	3,4	10,1	46,1	39	1,4	0
PI-02	1,2 a 1,5	17,74	7,8	16,43	1,14	1,35	0,88	0,45	3,51	17,68	2,2	9,9	47,3	39,2	1,4	0
PI-03	1,2 a 1,5	18,79	9,8	17,11	1,05	1,28	0,84	0,52	3,51	20,34	3,4	7,1	53,6	34,6	1,2	0

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat}/ (1+w_{nat})$;
(2) e_{nat} foi calculado pela correlação: $(\delta^* \gamma_w /\gamma_d) – 1$.
(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1+w_{nat})/(1+e)$
(4) Teor de umidade natural "*In Situ*"
(5) Compacidade relativa calculada através da equação $CR = (e_{máx} - e_{na})/(e_{máx} - e_{mín})$

A partir dos ensaios granulométricos, observou-se que os rejeitos são compostos predominantemente por material de granulometria de areia fina a média (90%) com pequena parcela de silte e argila (10%), conforme pode ser observado na Figura 8.7.

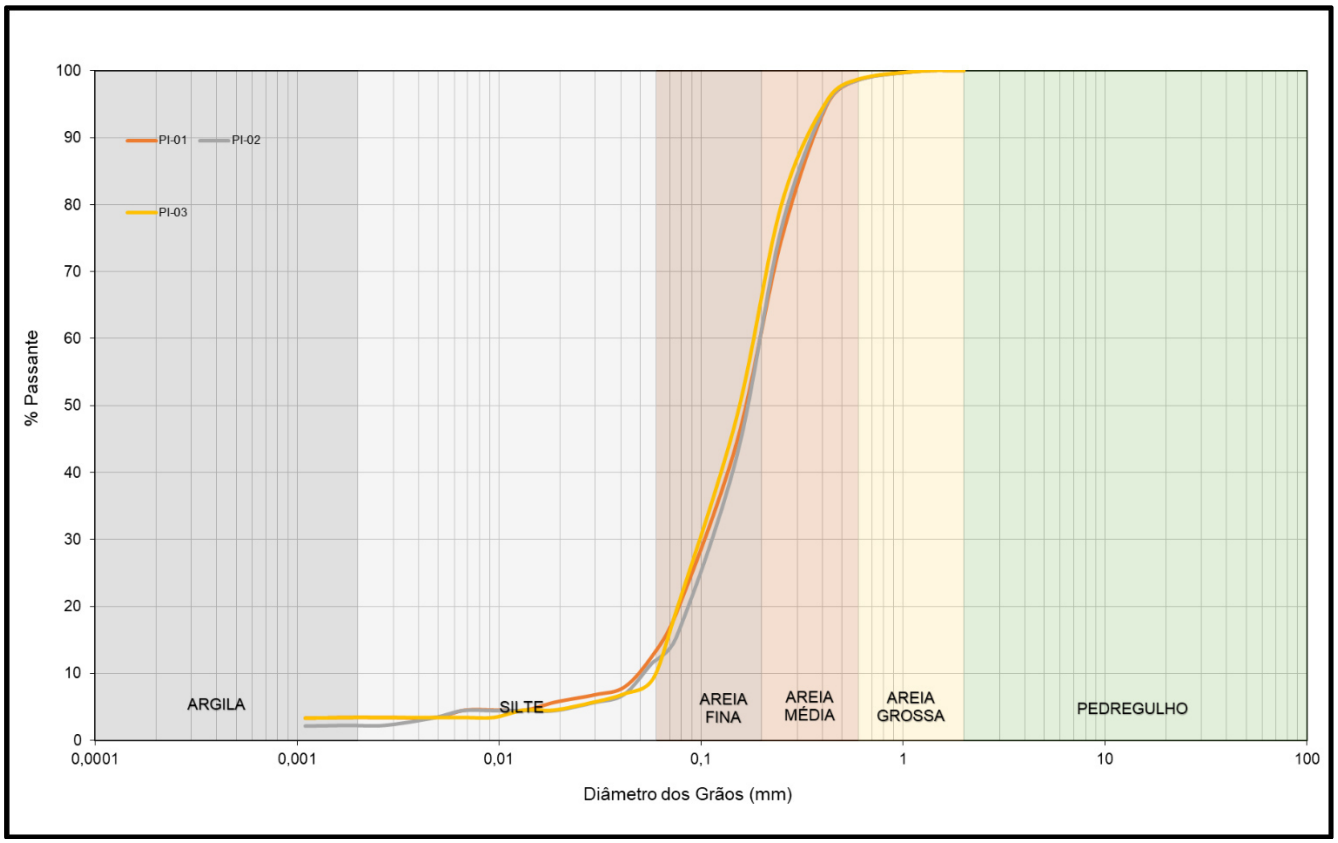


Figura 8.7– Curvas granulométricas do rejeito.

8.2.2 Susceptibilidade a Liquefação

8.2.2.1 Susceptibilidade à liquefação a partir de ensaios de caracterização física

A distribuição granulométrica influencia na suscetibilidade à liquefação, sendo que solos bem graduados apresentam menor suscetibilidade, visto que um melhor preenchimento dos vazios, resulta numa menor variação volumétrica e baixas gerações de poropressões na condição não drenada. Já os depósitos de solo com granulometria uniforme tendem a ser mais susceptíveis à liquefação (Poulos et al., 1985) e representam a maioria dos casos históricos de ruptura por liquefação.

Com base nos resultados de diversos ensaios granulométricos, Tsuchida (1970) propôs faixas de domínio de solos susceptíveis ou não à liquefação. O limite inferior reflete a influência da presença de finos plásticos que tendem a restringir a possibilidade de solos arenosos sofrerem

contração durante o cisalhamento. Na avaliação do autor, depósitos de solo natural com D_{50} menor do que 0,02 mm ou maior do que 2 mm não seriam susceptíveis à liquefação.

Contudo, Ishihara (1985) afirma que os rejeitos de mineração também são materiais suscetíveis à liquefação. Apesar do rejeito apresentar uma quantidade importante de materiais siltosos e argilosos, estes finos de rejeitos apresentam baixa plasticidade devido a gênese industrial.

Ressalta-se que os estudos citados propõem uma avaliação preliminar do comportamento do material quanto a susceptibilidade à liquefação do material. Na Figura 8.8 é apresentado as faixas de domínio proposta por Ishihara (1985) e Tsuchida (1970), além da curva granulométrica dos rejeitos da Barragem BR dispostos na estrutura.

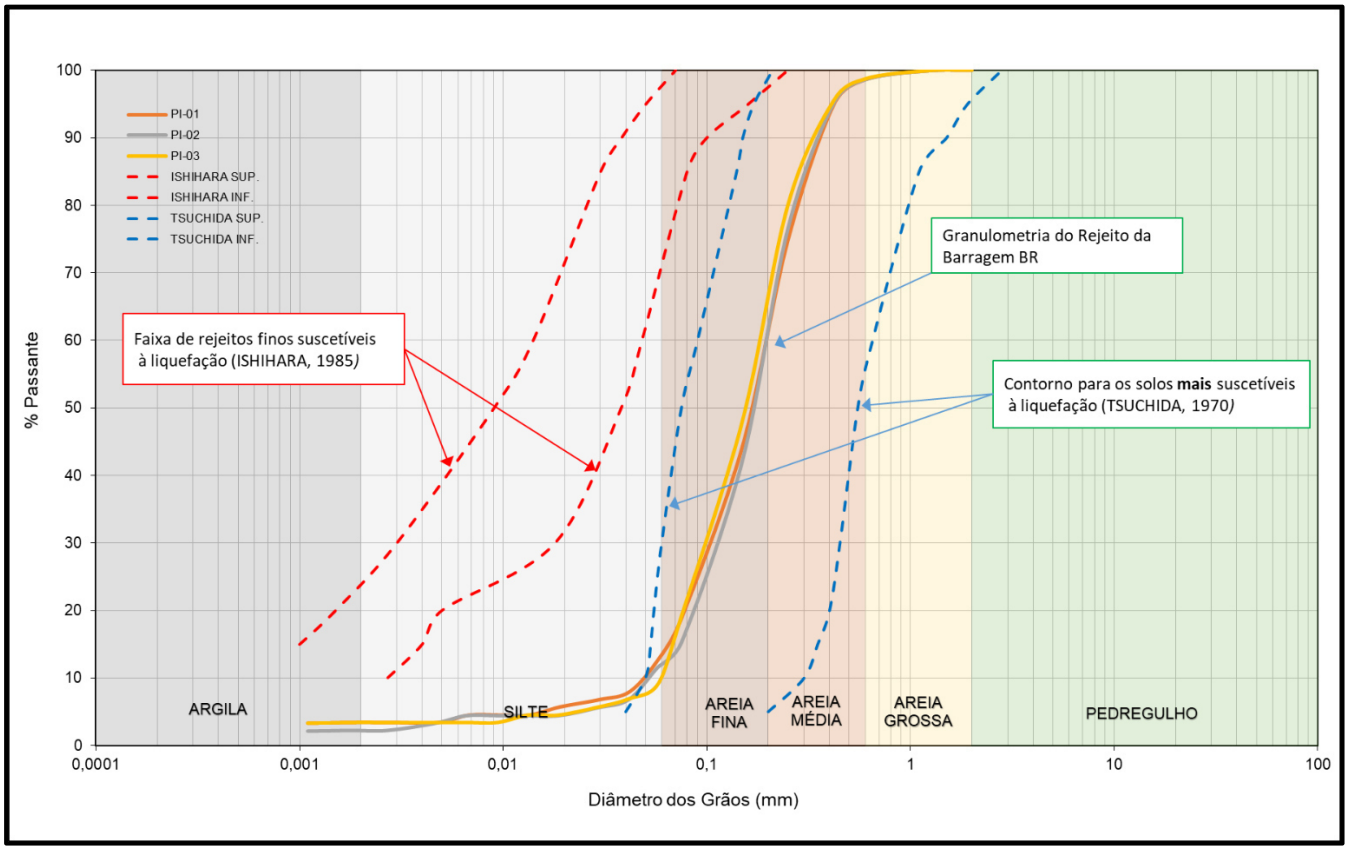


Figura 8.8 - Contorno dos materiais suscetíveis à liquefação segundo Ishihara (1985) e Tsuchida (1970) e curvas granulométricas do rejeito proveniente da Barragem BR.

Verifica-se, portanto, que os rejeitos provenientes da Barragem BR apresentam uma predominância granulométrica de areia média a fina com pequena presença de siltes. Além disso, é notório que a curva granulométrica do rejeito abrange o contorno proposto para os solos mais susceptíveis à liquefação sugerida por Tsuchida (1970).

Portanto, segundo proposta de Tsuchida, o rejeito de flotação é suscetível à liquefação.

8.2.2.2 Susceptibilidade à Liquefação a partir de ensaios de penetração (CPTu e SPT)

Depois de trabalhos relevantes publicados na literatura, foi evidenciado a relação entre os resultados obtidos em ensaios de penetração (eg. Piezocone e SPT) e a susceptibilidade a liquefação de solos.

Nesta etapa do estudo, os materiais que constituem a estrutura da barragem BR serão avaliados quanto à susceptibilidade a liquefação buscando identificar se o comportamento dos materiais é contrátil ou dilatante. Esta avaliação ocorrerá a partir dos ensaios CPTu e SPT adotando como referência as metodologias propostas por Olson e Stark (2003), Robertson (2016) e Jefferies e Been (2006), apresentadas a seguir. Os estudos aqui apresentados tiveram o intuito de corroborar as conclusões já apresentadas no relatório de diagnóstico de barragens, elaborado pela DF+ em maio de 2019, de número DF19-023-1-EG-RTE-0013, haja vista que foram encontrados mais dados de ensaios CPTu's e sondagens do tipo SPT e Mistas.

Os arquivos obtidos através do CPeT-IT dos ensaios CPTu's utilizados neste relatório se encontram no APÊNCICE A e APÊNCICE B.

- **Olson e Stark (2003)**

Segundo a metodologia proposta por Oson e Stark (2003), é possível avaliar o potencial de liquefação a partir dos limites descritos pela Equação 1 e Equação 2 (ligeiramente modificadas por Olson e Stark, 2003 do proposto inicialmente por Fear e Robertson, 1995), que delimitam o comportamento do material entre contráctil (susceptível) ou dilatante (não susceptível) a partir da resistência de ponta normalizada do ensaio CPTu (q_{c1}) e do número de golpes normalizado do ensaio SPT $(N_1)_{60}$, respectivamente em relação a tensão efetiva vertical in situ.

$$(\sigma'_{vo})_{ENV} = 1{,}10x10^{-2}(q_{c1})^{4{,}79} \qquad \text{Equação 1}$$

$$(\sigma'_{vo})_{ENV} = 9{,}58x10^{-4}\left(N_{1_{60}}\right)^{4{,}79} \qquad \text{Equação 2}$$

Nota: q_{c1} e σ'_{v0} em Mpa e kPa, respectivamente.

Vale ressaltar que a metodologia proposta por Olson e Stark (2003) se aplica para materiais granulares, não coesivos e não plásticos.

A Figura 8.9 apresenta a aplicação do método supracitado. Verifica-se em geral resistências de ponta q_{c1} e número de golpes normalizado $(N_1)_{60}$ bastante reduzidas e a esquerda da envoltória. Os pontos posicionados à esquerda das envoltórias apresentam comportamento contrátil e são classificados como susceptíveis a liquefação. Pode se observar pelas figuras que à medida que a profundidade aumenta, o rejeito se torna mais susceptível à liquefação.

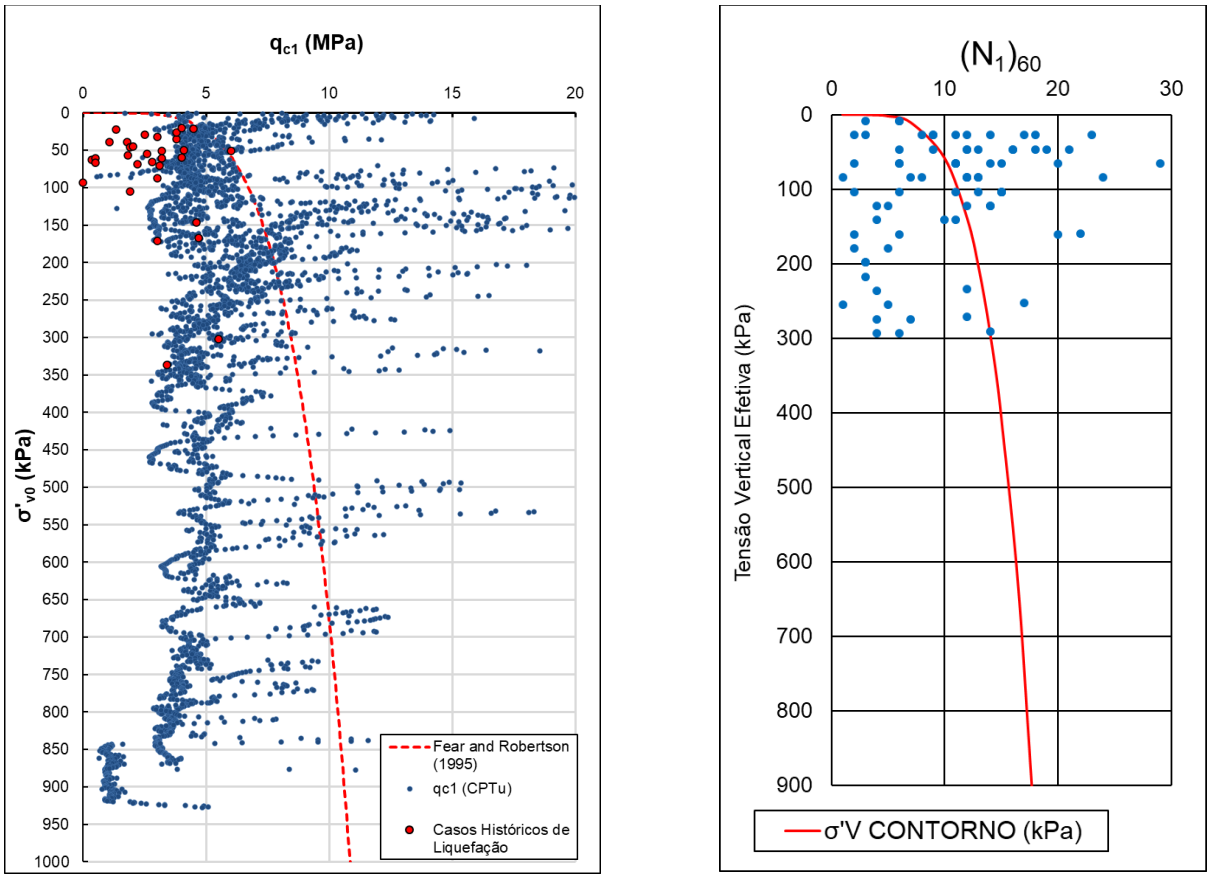


Figura 8.9 - Envoltória para avaliação de SUSCETIBILIDADE à liquefação segundo Olson e Stark (2003): (a) Utilizando a resistência de ponta (q_{c1}) do CPTu e (b) número de golpes normalizado $(N1)_{60}$ do SPT.

Portanto, para as condições definidas pela metodologia proposta por Olson e Stark (2003), que considera tanto os resultados obtidos a partir dos ensaios de CPTu e SPT, o material presente na praia de rejeitos do reservatório da Barragem BR configura-se majoritariamente como material contrátil, portanto susceptível a liquefação.

- **Robertson (2016)**

A metodologia de Robertson (2016) é baseada na classificação SBT (*Soil Behaviour Type*), que é função de seu comportamento mecânico durante a cravação do cone. Segundo esta metodologia, plotando graficamente a resistência de ponta normalizada (Q_{tn}) e a razão de atrito (F_r), é possível verificar entre outras propriedades do material, a suscetibilidade a liquefação por comparação com a classificação SBT de casos históricos em que ocorreram rupturas por liquefação.

Os contornos da Equação 3 no gráfico F_r x Q_{tn}, delimitam as zonas em que o material apresenta comportamento contráctil (suscetível) ou dilatante (não suscetível), em termos da

resistência normalizada de ponta (Q_{tn}) e do atrito lateral normalizado (F_r) obtidos no ensaio CPTu.

$$CD = (Q_{tn} - 11)x(1 + 0{,}06F_r)^{17} \qquad \text{Equação 3}$$

Ademais, Robertson e Wride (1998) com base em um grande banco de dados, sugerem um fator de correção K_c para Q_{tn} em siltes, para se obter $Q_{tn,cs}$, que seria o valor de resistência de ponta normalizada caso o material ensaiado tivesse a mesma compressibilidade de uma areia pura (Equação 4). Segundo Robertson (2016), materiais com $Q_{tn,cs} < 70$ tem comportamento contrátil.

$$Q_{tn,cs} = K_c Q_{tn} \qquad \text{Equação 4}$$

Em que:
$K_c = 1$ se $I_c \leq 1{,}64$
$K_c = 5{,}581{I_c}^3 - 0{,}403{I_c}^4 - 21{,}63{I_c}^2 - 17{,}88$ se $I_c > 1{,}64$

Na Figura 8.10 é apresentado o gráfico SBT proposto por Robertson (2016) para a avaliação da suscetibilidade segundo os aspectos supracitados.

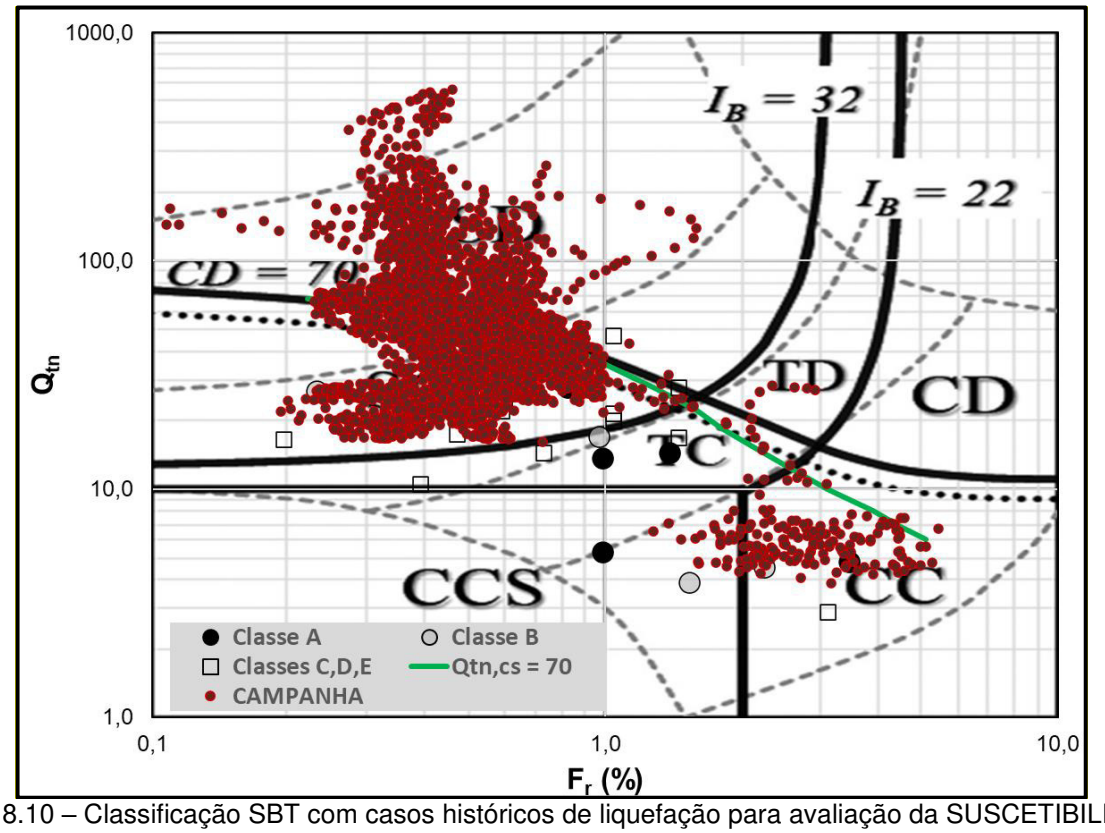


Figura 8.10 – Classificação SBT com casos históricos de liquefação para avaliação da SUSCETIBILIDADE segundo Robertson (2016).

Estão plotados na Figura 8.10 círculos e quadrados referentes a casos históricos onde ocorreu liquefação, os círculos escuros representam os casos classificados por Robertson (2016) como classe A, referindo-se àqueles que tem excelente qualidade de dados, os casos classe B (círculos claros) já tem qualidade inferior de dados. A qualidade dos casos classe C, D e E (quadrados) são de qualidade ainda pior.

Na referida figura, a linha verde representa o contorno de $Q_{tn,\,cs} = 70$, observa-se que este contorno é praticamente coincidente com o contorno de CD = 70, principalmente nas regiões referentes a materiais mais granulares. Conforme supracitado, estes contornos são referência para enquadramento de materiais em comportamento contrátil e dilatante, sendo os materiais abaixo das linhas considerados contráteis.

Ainda na Figura 8.10, os pontos vermelhos representam os dados de CPTu obtidos no rejeito da Barragem BR. Nesse contexto, a Figura 8.11 mostra a porcentagem dos pontos que se enquadraram em cada região de interesse. Observa-se que 59% dos pontos encontram-se abaixo do contorno de CD = 70, configurando materiais predominantemente contráteis e suscetíveis a liquefação.

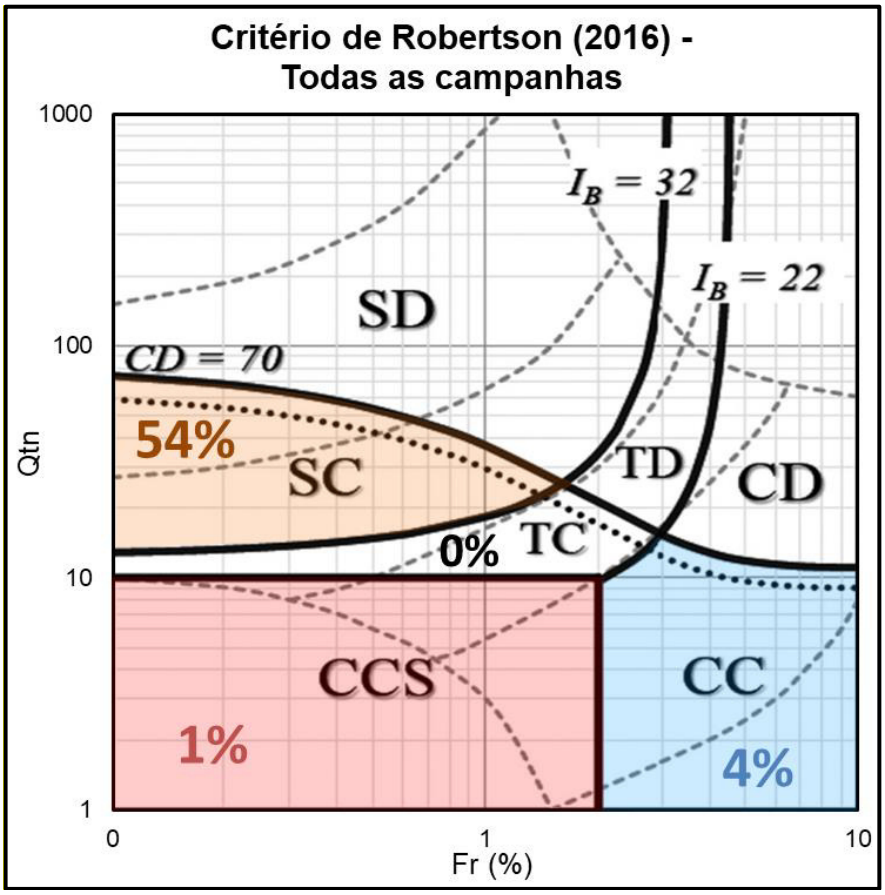


Figura 8.11 – Classificação SBT com casos históricos de liquefação para avaliação da suscetibilidade segundo Robertson (2016). Porcentagem dos pontos amostrados que se enquadraram em cada região abaixo da linha de contorno CD = 70.

É importante ressaltar que apenas 5% dos pontos são classificados como "*clay like contractive behavior*", sendo que poucos casos de liquefação ocorreram nesta região. Mesmo assim, de forma conservadora e devido ao material não apresentar plasticidade significativa, estes materiais serão considerados como suscetíveis a liquefação.

Para as condições definidas pela metodologia proposta por Robertson (2016), 59% do material presente no reservatório da Barragem BR configura-se como material contrátil, portanto suscetível a liquefação.

- **Jefferies e Been (2016)**

Esta metodologia baseia-se na teoria dos estados críticos (Schofield e Wroth, 1968) através do parâmetro de estado (ψ), que representa a diferença entre o índice de vazios *in situ* e o índice de vazios no estado crítico ($\psi = e - e_c$) para a mesma tensão octaédrica efetiva (p'). Conforme observa-se na Figura 8.12, quando o parâmetro de estado é positivo, o material tem comportamento contrátil (gera excesso de poropressão positiva) e pode ser susceptível a liquefação. Por outro lado, quando o parâmetro de estado é negativo, o material tem comportamento dilatante (geram excesso de poropressão negativa) e o material não é suscetível a liquefação.

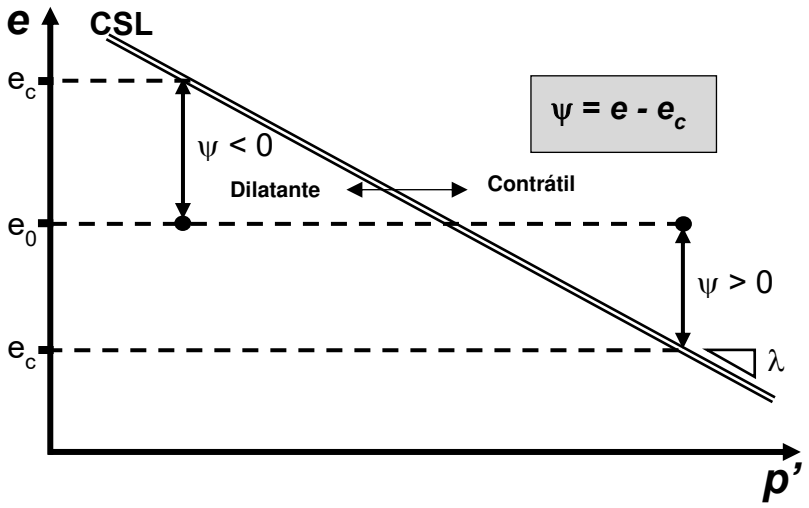


Figura 8.12 – Diagrama esquemático p' x e para representação gráfica do parâmetro de estado.

Embora teoricamente materiais com $\psi < 0$ devam ter comportamento dilatante, Jefferies e Been (2016) indica que se considere o limite entre comportamento dilatante e contrátil a partir de $\psi = -0{,}05$. Dessa forma, materiais com $\psi > -0{,}05$ se apresentam como suscetíveis a liquefação.

Plewes et al. (1992) apresenta uma metodologia de cálculo para o parâmetro de estado a partir de correlações entre resultados de ensaios CPTu e triaxias. Nessa abordagem, são considerados os parâmetros de resistência de ponta corrigida normalizada ($\overline{Qp}$), as tensões

verticais totais e efetivas (σ_v e σ'_v) e a razão de atrito lateral normalizada (F_r), ambos provenientes do CPTu; além do parâmetro de estado crítico (λ) e a inclinação da linha de estado crítico no plano p'x q (M), obtidos pelos ensaios triaixias. O método é definido pelas Equação 5, Equação 6, Equação 7 e Equação 8

.

$$\psi = -\frac{\ln(\frac{\overline{Qp}}{\bar{k}})}{\bar{m}} \qquad \text{Equação 5}$$

$$\overline{Qp} = \frac{(q_t - \sigma_0)}{\sigma'_0}(1 - B_q) \qquad \text{Equação 6}$$

Onde:

$$\bar{k} = \left(3 + \frac{0{,}85}{\lambda}\right) M \qquad \text{Equação 7}$$

$$\bar{m} = 11{,}9 + 13{,}3\lambda \qquad \text{Equação 8}$$

Os autores também sugerem uma correlação para λ a partir de Fr, segundo a Equação 9.

$$\lambda = \frac{Fr(\%)}{10} \qquad \text{Equação 9}$$

Robertson (2010), por sua vez sugere a aplicação da Equação 10 para correlacionar o valor de resistência de ponta normalizada corrigida ($Q_{tn,cs}$) obtida em ensaios de piezocone, com os parâmetros de estado.

$$\psi = 0{,}56 - 0{,}33 \text{x} \ln Q_{tn,cs} \qquad \text{Equação 10}$$

A Figura 8.13 indica o parâmetro de estado calculado pela metodologia indicado para os ensaios realizados na Barragem BR.

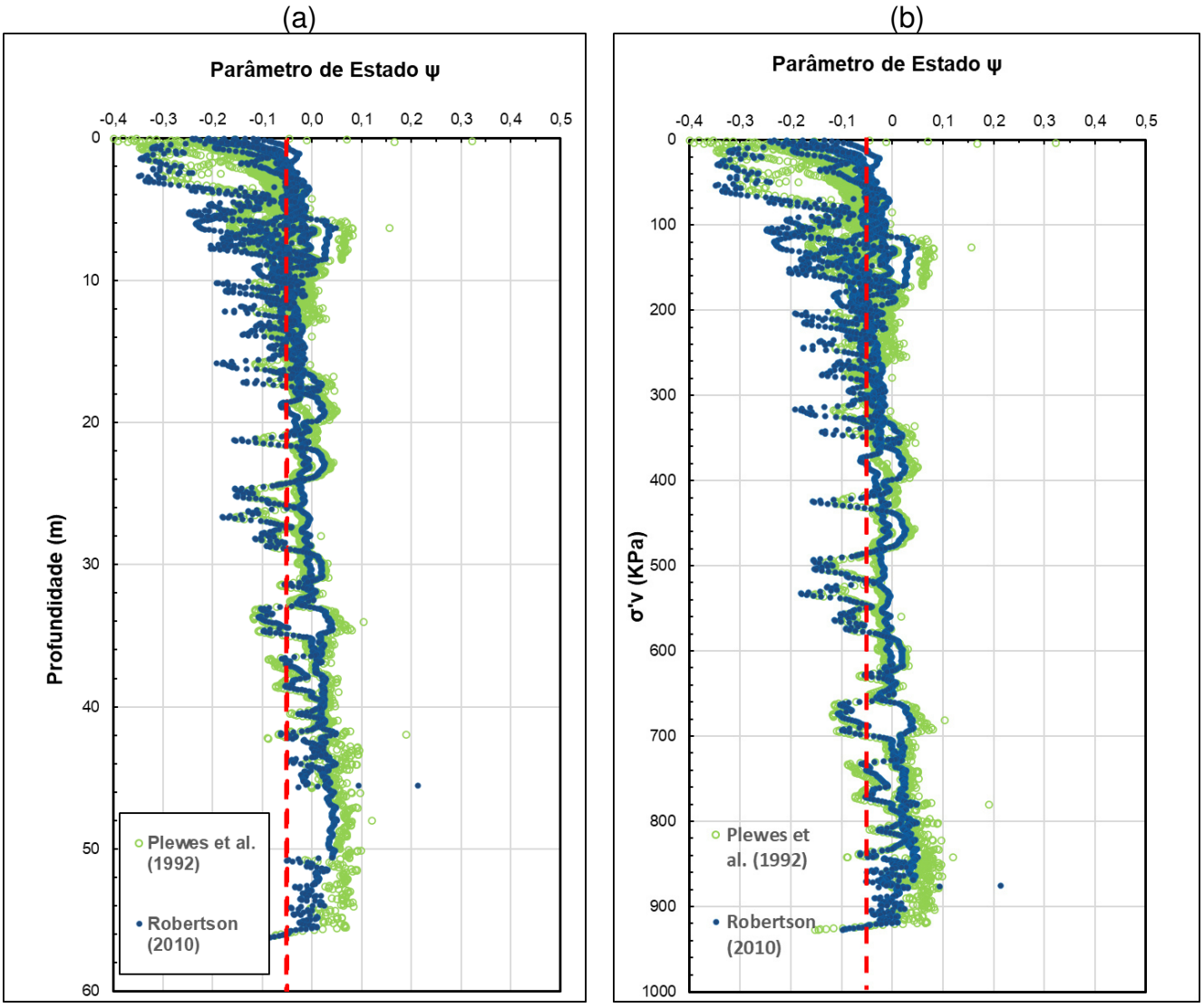


Figura 8.13 – Parâmetro de estado segundo correlação de Robertson (2010) e Plewes (1992) em relação a: (a) Profundidade e (b) Tensão efetiva.

Conforme observa-se na Figura 8.13, segundo as metodologias propostas aplicadas aos resultados do ensaio de piezocone, o material da praia de rejeitos do reservatório de rejeitos apresenta majoritariamente parâmetro de estado superior ao limite proposto por Jefferies e Been (2016), $\psi > -0{,}05$. Portanto configura-se como material contrátil, e consequentemente suscetível a liquefação.

8.2.3 Parâmetros de Resistência

Neste ítem são apresentados os parâmetros de resistência tanto na condição drenada (parâmetros efetivos *c'* e ϕ') como na condição não drenada (S_u). No caso da condição não

drenada (resistência não drenada S_u), em sendo suceptível a liquefação, é estimada não só a resistência de pico ($S_{u,\,pico}$) como também a resistência do rejeito liquefeito ($S_{u,\,liq}$).

Os parâmetros de resistência consolidados irão subsidiar as análises de estabilidade do projeto.

Para definição dos parâmetros supracitados são analisadas e interpretadas as investigações geotécnicas disponíveis, tanto de campo quanto de laboratório. Dentre os dados de campo destaca-se os ensaios de penetração (CPTu e SPT), e entre os ensaios de laboratório, os ensaios triaxiais do tipo CIU.

8.2.3.1 Resistência Drenada

Serão apresentadas a seguir os parâmetros de resistência obtidos na condição drenada utilizando os dados de ensaios triaxiais, SPT e CPTu.

8.2.3.1.1 Ensaios Triaxiais CIU

Para auxiliar na definição dos parâmetros de resistência do rejeito, foram analisados os ensaios triaxiais CIU realizados nas amostras PI01, PI02 e PI03 da campanha Pattrol 2014.

Conforme resumido na Tabela 8-4, foram analisados os ensaios triaxiais CIU de 3 (três) amostras indeformadas coletadas na praia de rejeitos da Barragem BR. As amostras foram coletadas nas profundidades de 1,2 m a 1,5 m, correspondendo à superfície da praia de rejeitos.

Tabela 8-4 Resumo dos ensaios triaxiais não drenados e respectivas amostras.

Código	Ponto de Coleta	Prof. (m)	Tipo	Ensaio	Comportamento
PI-01	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Dilatante
PI-02	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Dilatante
PI-03	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Dilatante

- Trajetória de Tensões

Os resultados dos triaxiais foram compilados no plano de tensões t' x s', procurando-se agrupar as amostras retiradas em profundidades semelhantes e com a mesma classificação granulométrica: P-01, PI-02 e PI-03 (silte arenoso com argila).

Nesse sentido, as Figura 8.14, Figura 8.15 e Figura 8.16 apresentam, respectivamente, a variação ϕ' para as amostras PI-01, PI-02 e PI-03 ensaidas no rejeito da Barragem BR.

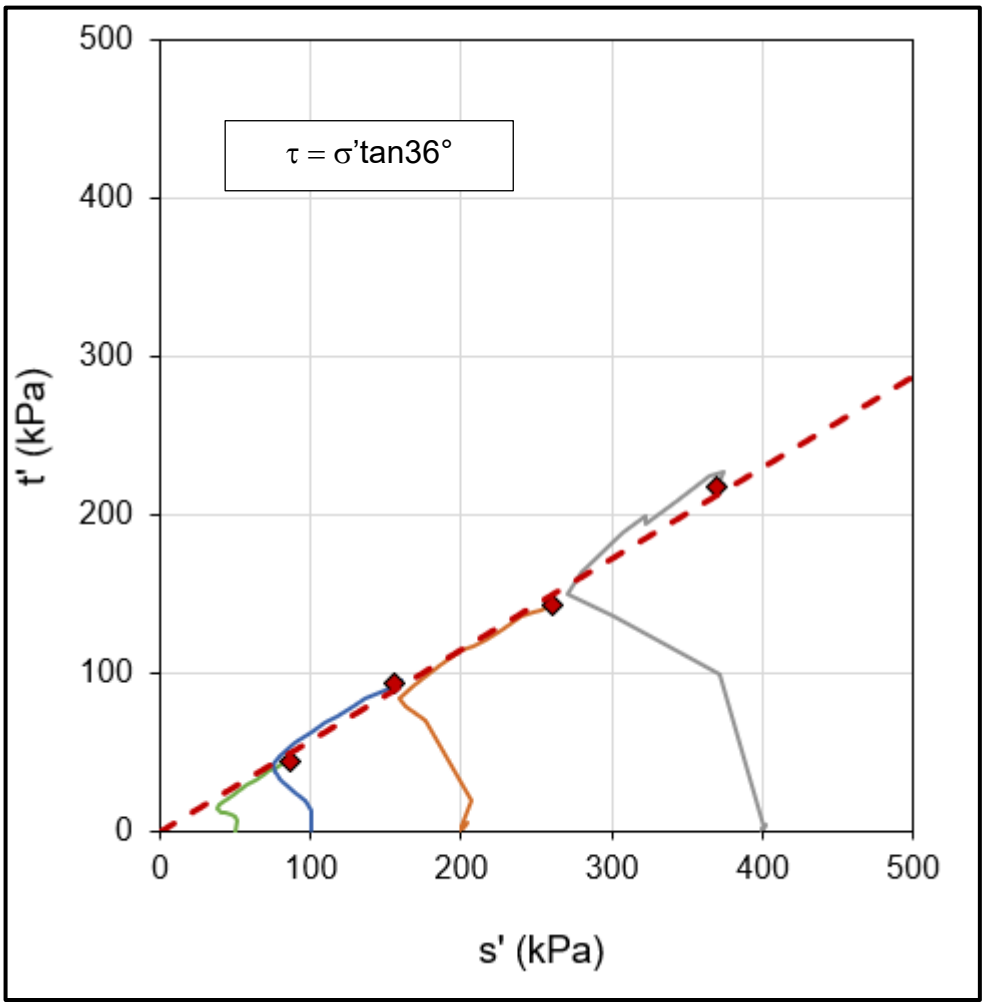


Figura 8.14 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-01, no plano t' x s'.

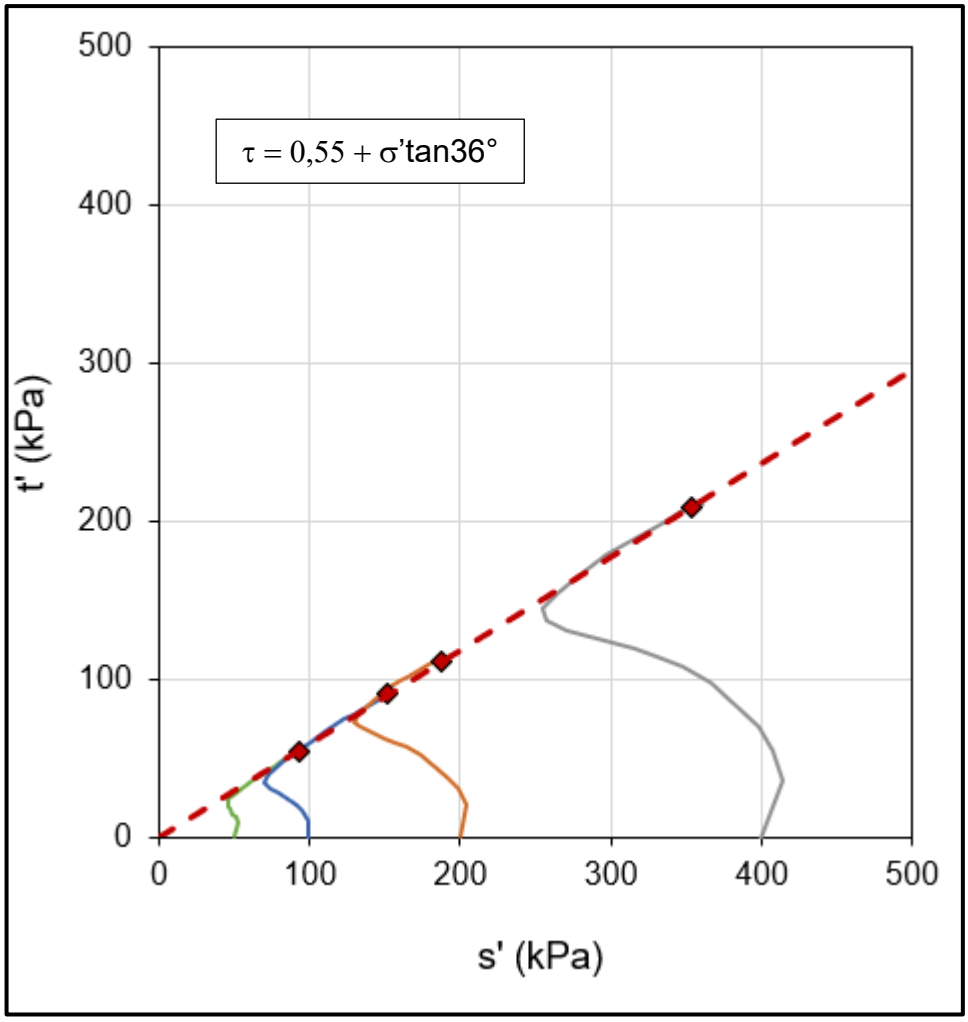


Figura 8.15 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-02, no plano t' x s'.

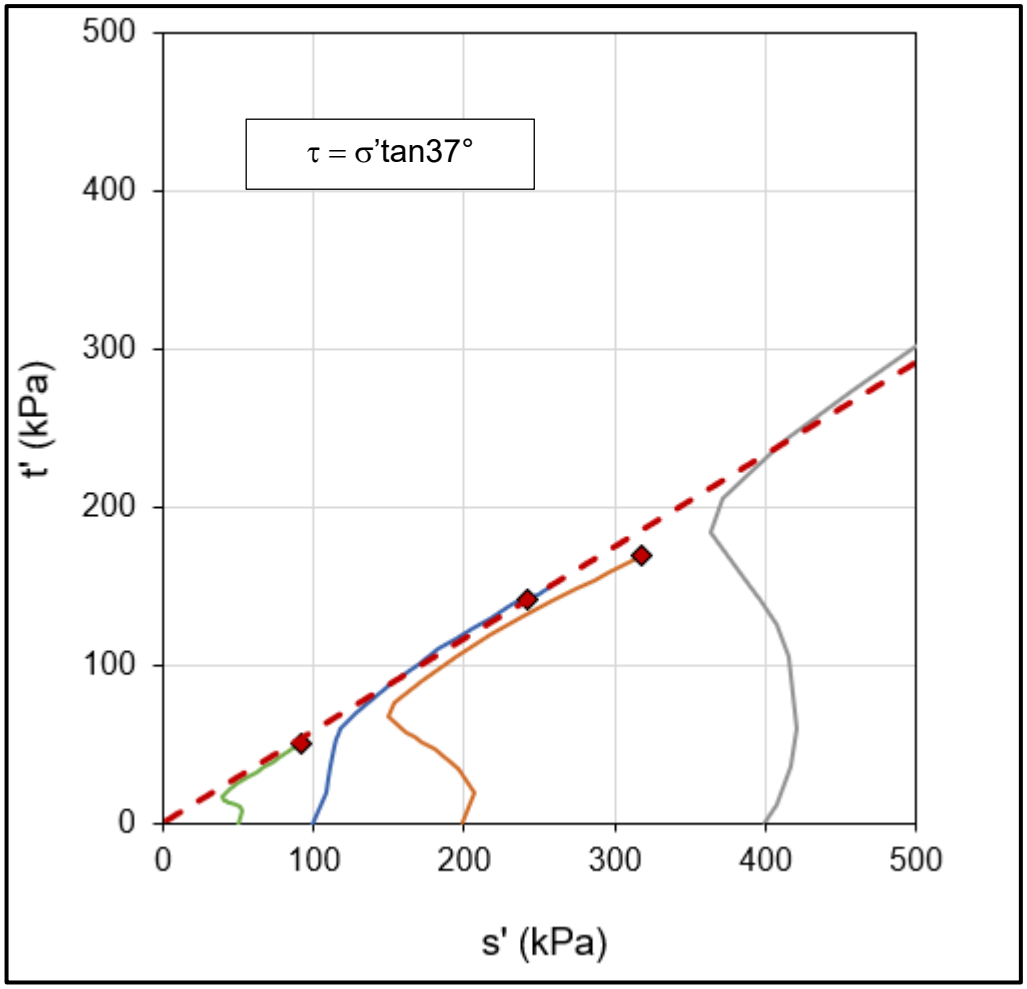


Figura 8.16 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-03, no plano t' x s'.

Observa-se, a partir das curvas analisadas, que foi obtido ângulo de atrito efetivo de pico entre 36° e 37°, além de intercepto coesivo variando entre 0 a 0,5kPa, para o rejeito de flotação da barragem BR.

8.2.3.1.2 Ensaios de penetração (SPT)

Considerando todas as campanhas realizadas no rejeito da barragem BR, um total de 11 furos interceptaram o rejeito disposto no reservatório da barragem, sendo que, considerando os dados tratados, os valores de N_{SPT70} variaram de 1 a 19 golpes, com uma média de 7 golpes.

A Figura 8.17 apresenta o histograma de distribuição normal para os dados obtidos de todas as sondagens à percussão realizadas no rejeito disposto no reservatório da Barragem BR. A Figura 8.18 indica a distribuição log normal para os mesmos dados.

Foi definido um intervalo de confiança de 95% e, assim, foram excluídos os dados que estavam fora deste intervalo. Sendo assim, os valores de N_{SPT} da série considerada variam de 1 a 19 golpes. O primeiro quartil da distribuição amostral foi de 4 golpes, sendo este um valor que pode ser utilizado para calcular os parâmetros de resistência de maneira conservadora.

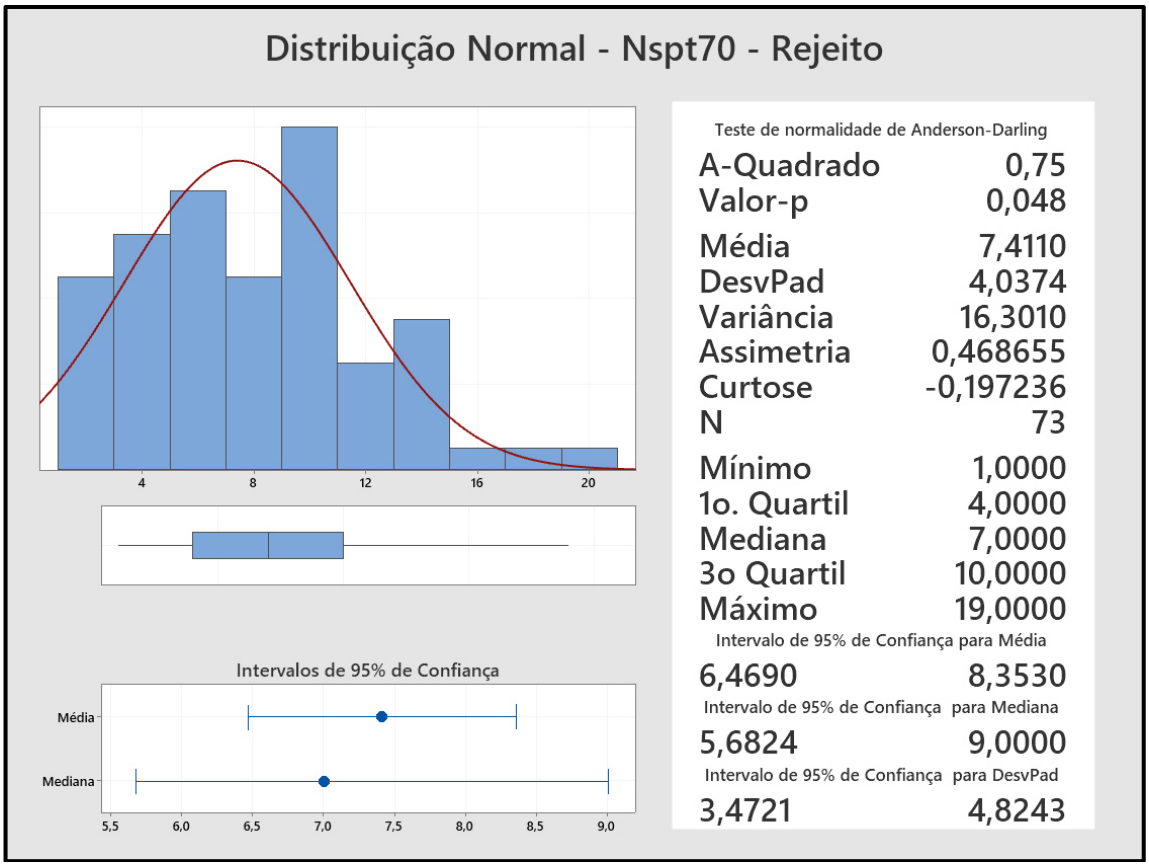


Figura 8.17 – Histograma de distribuição normal – NSPT – Rejeito.

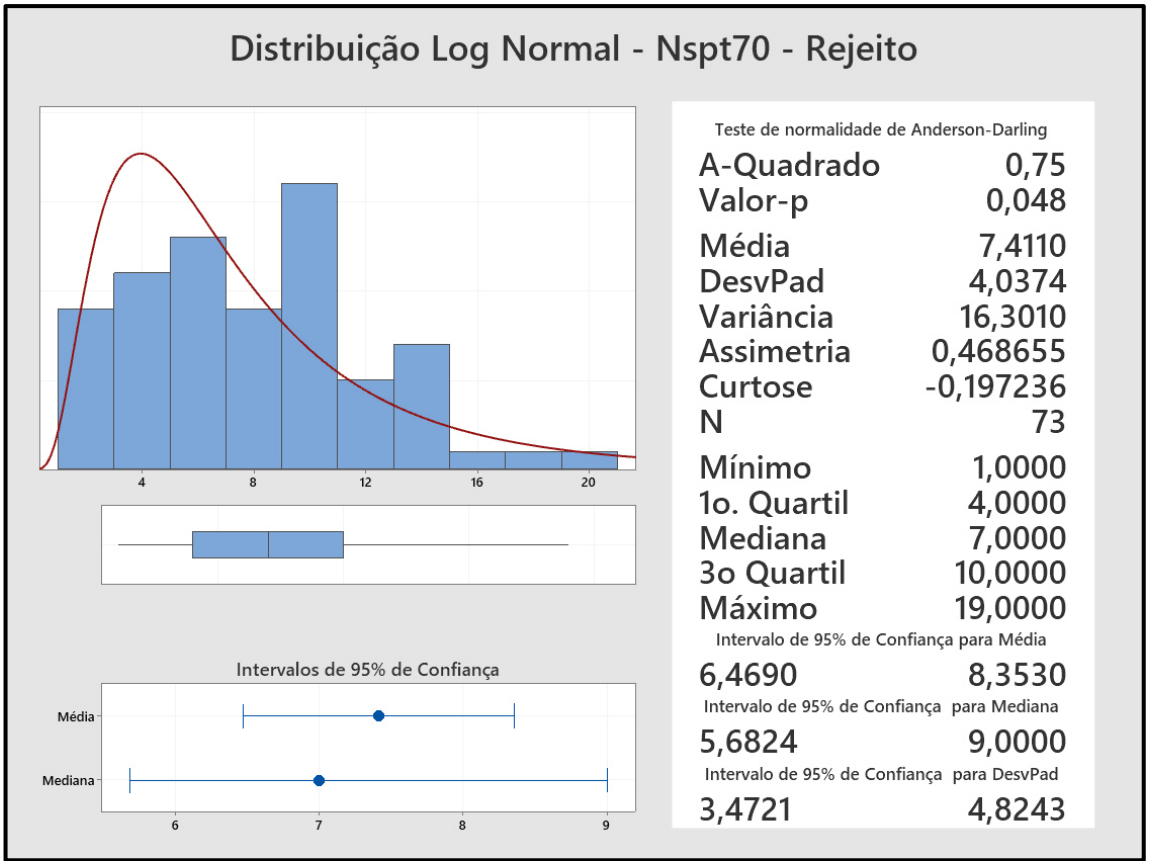


Figura 8.18 – Histograma de distribuição log normal – NSPT – Rejeito.

As Figura 8.19 e Figura 8.20 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro Densidade Relativa (DR) do material. Observa-se que a densidade relativa variou de 16 a 86, com uma média de 49.

A Densidade Relativa foi calculada pois, conforme será abordado no item seguinte, algumas correlações para definição do ângulo de atrito do rejeito são baseadas neste parâmetro. Sendo assim, foi feito o mesmo tratamento estatístico utilizado nos valores de N_{SPT}.

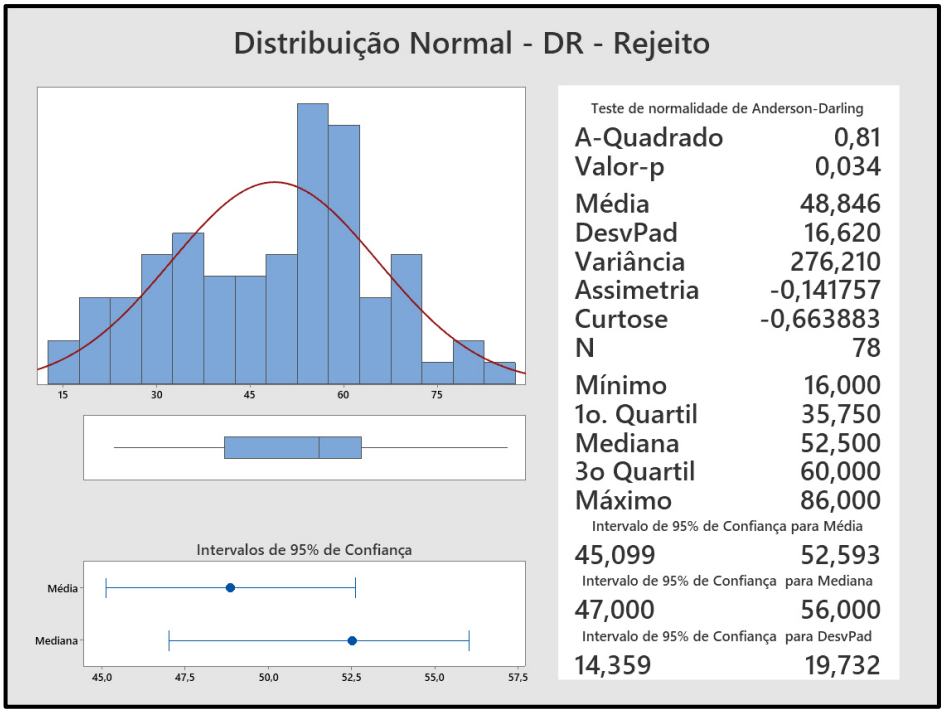


Figura 8.19 – Histograma de distribuição normal – Densidade Relativa – Rejeito.

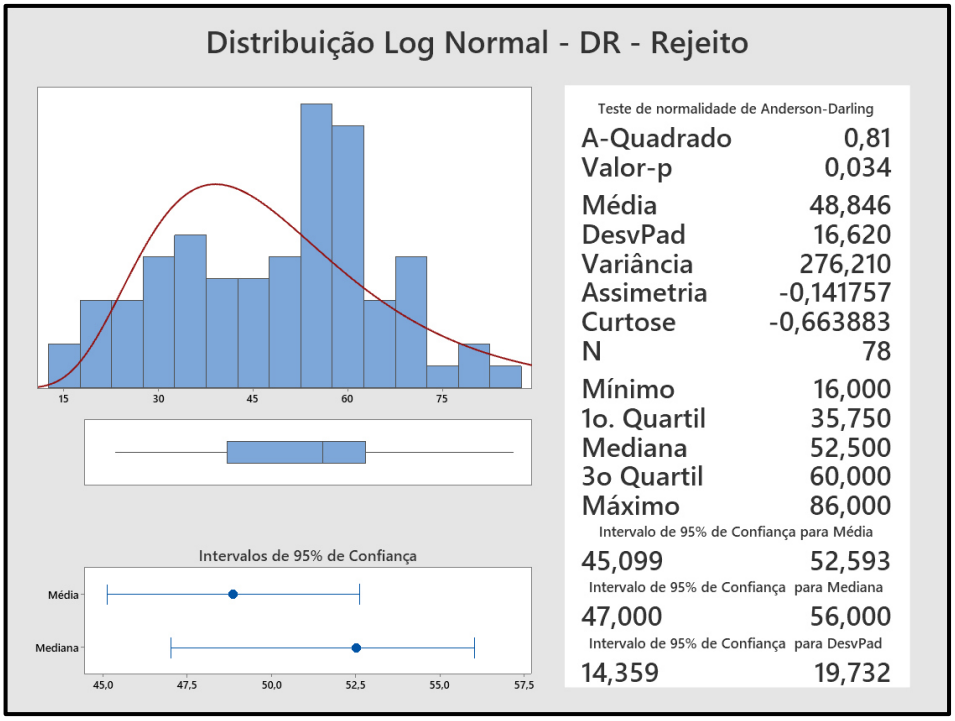


Figura 8.20 – Histograma de distribuição log normal – Densidade Relativa – Rejeito.

Os parâmetros de resistência drenada foram estimados com base em correlações empíricas baseadas no $N_{SPT,70}$ e na densidade relativa (DR) calculada a partir dos ensaios de SPT, além das descrições geológico-geotécnicas.

Considerando a base de dados disponível foram realizadas análises estatísticas do $N_{SPT,70}$ e da densidade relativa (DR), adotando-se os valores calculados de média e moda. Sobre estes valores foram aplicadas as metodologias para determinação do ângulo de atrito efetivo, conforme Tabela 8-5 e Tabela 8-6.

Tabela 8-5 – Ângulo de atrito efetivo em função da DR – Rejeito.

Parâmetros estatísticos da DR	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Média (49)	35	35	38	36
Moda (58)	37	38	39	38
Máximo (86)	41	48	42	43
Mínimo (16)	30	28	33	29
1° Quartil (36)	33	32	36	33

Tabela 8-6 – Ângulo de atrito efetivo em função da $N_{SPT,70}$ – Rejeito.

Parâmetros estatísticos do $N_{spt,70}$	Ângulo de atrito (Φ') em função de $N_{SPT,70}$						
	Lambe e Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka e Uchida, 1996	Teixeira e Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009
Média (7)	29	31	30	33	27	29	31
Moda (9)	30	32	31	34	28	30	32
Máximo (19)	35	36	36	41	34	35	40
Mínimo (1)	<28	28	27	24	19	23	18
1° Quartil (4)	28	30	29	29	24	27	26

Observa-se uma expressiva dispersão dos valores calculados para o 1° quartil das amostras de SPT pelos diferentes métodos propostos. O ângulo de atrito efetivo variou entre 32° e 36° em função da densidade relativa e entre 24° e 30° em função do $N_{SPT,70}$.

8.2.3.1.3 Ensaios de penetração (CPTu)

Para os ensaios CPTu iremos considerar a correlação proposta por Kulhawy e Mayne (1990), apresentada na Equação 11 indicada a seguir.

$$\emptyset'_{CPTu} = 17{,}6° + 11{,}0x \log(q_{t1}) \qquad \text{Equação 11}$$

O ângulo de atrito efetivo foi então calculado em relação à profundidade do ensaio. Os resultados são apresentados na Figura 8.21, na qual também foi projetado, como referência, o ângulo de atrito calculado pelos ensaios triaxiais (ϕ' = 36° a ϕ' = 37°).

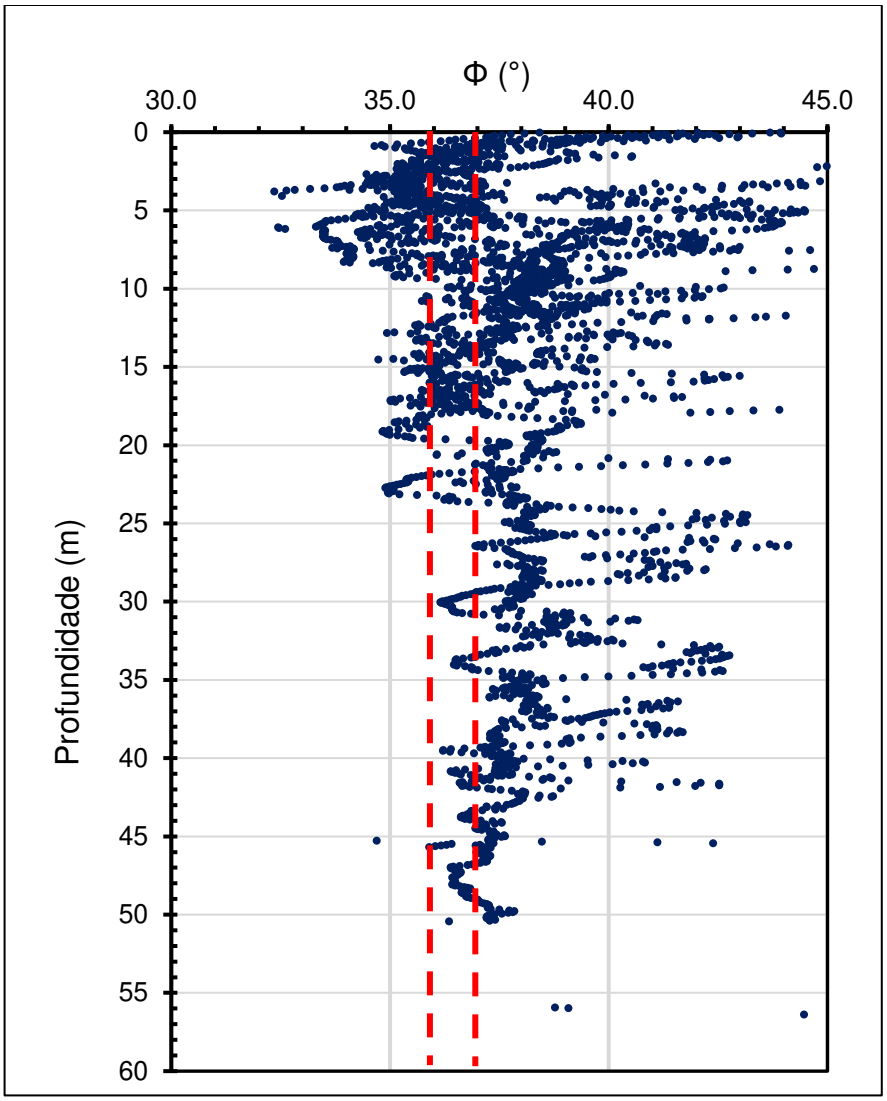


Figura 8.21 – Ângulo de atrito efetivo calculado pela profundidade – Rejeito.

As Figura 8.22 e Figura 8.23 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro ângulo de atrito (Φ) do material. O parâmetro variou de 33° a 42°, com uma média de 37°. Foi estabelecido um intervalo de confiança de 95%, sendo que os resultados fora deste

intervalo não foram considerados na análise estatística. Observa-se que, para a amostra analisada, no primeiro quartil o ângulo de atrito foi de aproximadamente 36°.

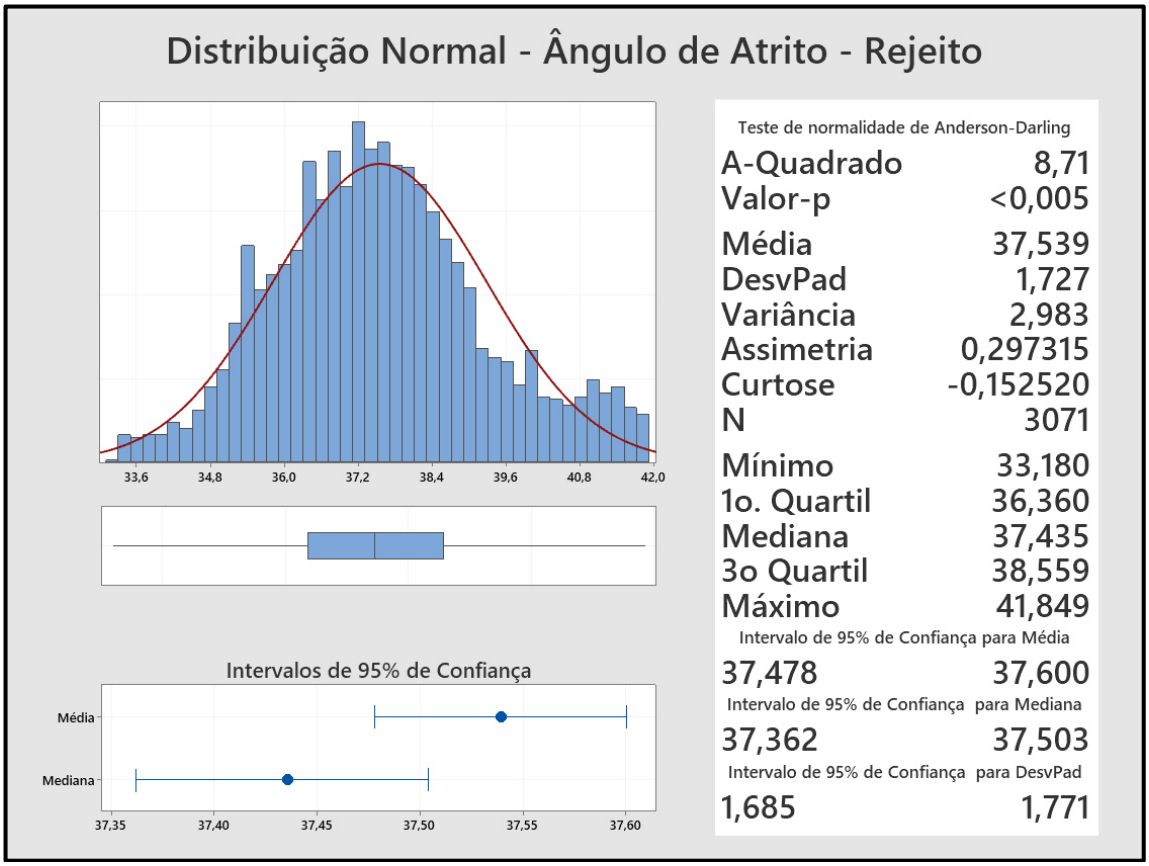


Figura 8.22 – Histograma de distribuição normal – Ângulo de atrito efetivo – Rejeito.

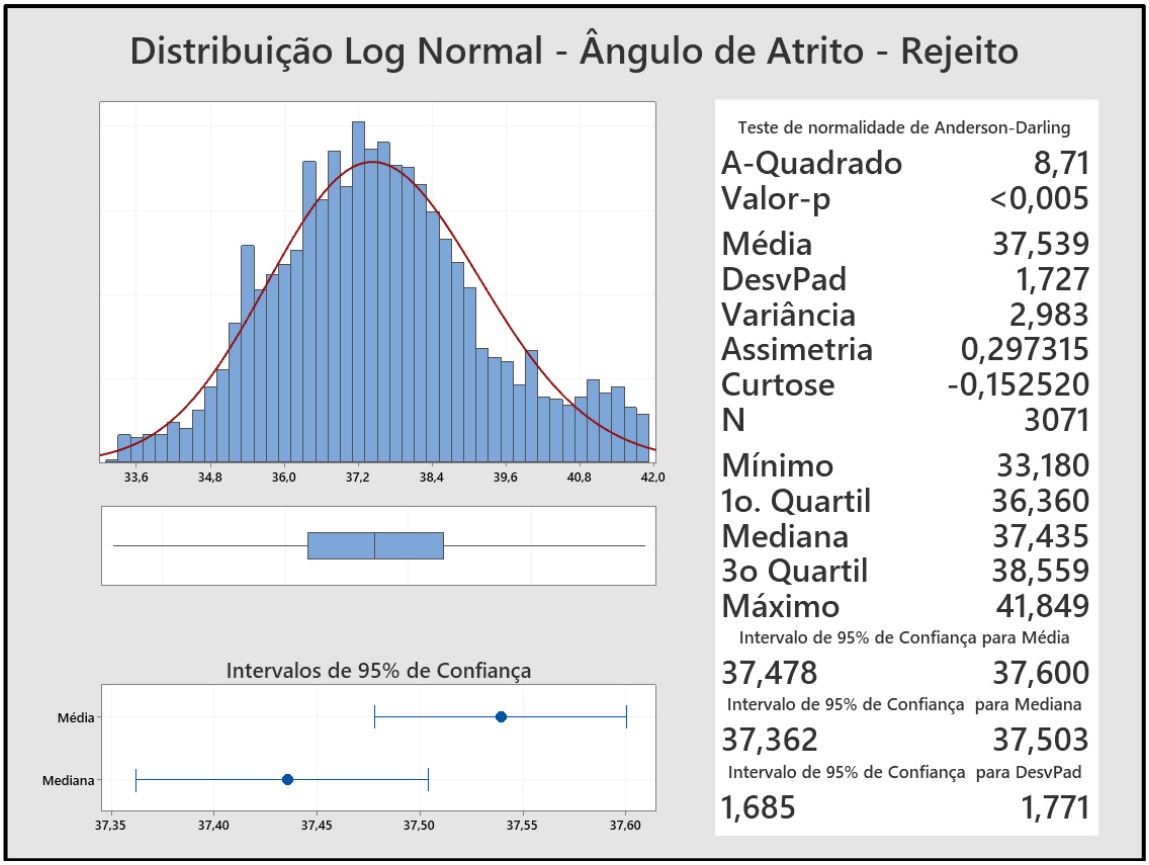


Figura 8.23 – Histograma de distribuição log normal – Ângulo de atrito efetivo – Rejeito.

Observa-se uma variação do ângulo de atrito efetivo calculado pelo método de Kulhawy e Mayne (1990) de 33° a 42°. A análise estatística aponta para um valor de 36° para o primeiro quartil da distribuição.

8.2.3.1.4 Determinação dos Parâmetros de Resistência Drenados

Para este projeto, será adotado ângulo de atrito efetivo do rejeito drenado igual a 36º, correspondente ao valor dentre o primeiro quartil da amostra dos dados dos ensaios CPTu. Este valor encontra-se dentro do intervalo obtido pelos ensaios triaxiais para o ângulo de atrito (ϕ') e para as correlações utilizando ensaios SPT. Para o parâmetro de coesão efetiva será adotado valor de 0 kPa, conforme analisado nos ensaios triaxiais CIU.

8.2.3.2 Resistência Não Drenada

Rupturas por liquefação são em geral deflagradas de forma progressiva, onde uma porção do maciço perde resistência e transfere carga aos demais trechos. Este contexto provoca

carregamentos não drenados, com geração de excesso de poropressão, ao longo da superfície crítica de ruptura. Não sendo trivial a previsão de geração de excessos de poropressões na zona de cisalhamento, utilizam-se parâmetros de resistência não drenada para análise de estabilidade.

8.2.3.2.1 Ensaios de penetração (CPTu)

A resistência não drenada também foi estimada a partir de correlações aplicadas aos ensaios de penetração CPTu (piezocone) e SPT (standard penetration test).

Para os materiais da estrutura classificados como susceptíveis, foram calculados os valores de razão de resistência de pico não drenada (Su_{pico}) e a resistência liquefeita não drenada (Su_{liq}) seguindo a metodologia proposta por Olson e Stark (2003), considerando ensaios CPTu, conforme a Equação 12 e Equação 13.

$$\frac{Su_{pico}}{\sigma'_{vo}} = 0{,}205 + 0{,}0143 x q_{c1_{60}} \pm 0{,}04 \qquad \text{Equação 12}$$

$$\frac{Su_{liq}}{\sigma'_{vo}} = 0{,}030 + 0{,}0143 x q_{c1_{60}} \pm 0{,}03 \qquad \text{Equação 13}$$

Equações válidas para $q_{c1} \leq 6{,}5$ Mpa.

A seguir, na Figura 8.24, são apresentadas as faixas de variação para a resistência não drenada de pico e liquefeita para o rejeito disposto no reservatório da Barragem BR. Observa-se que a faixa foi de 0,25 a 0,32 para a resistência de pico e de 0,07 a 0,15 para a resistência liquefeita.

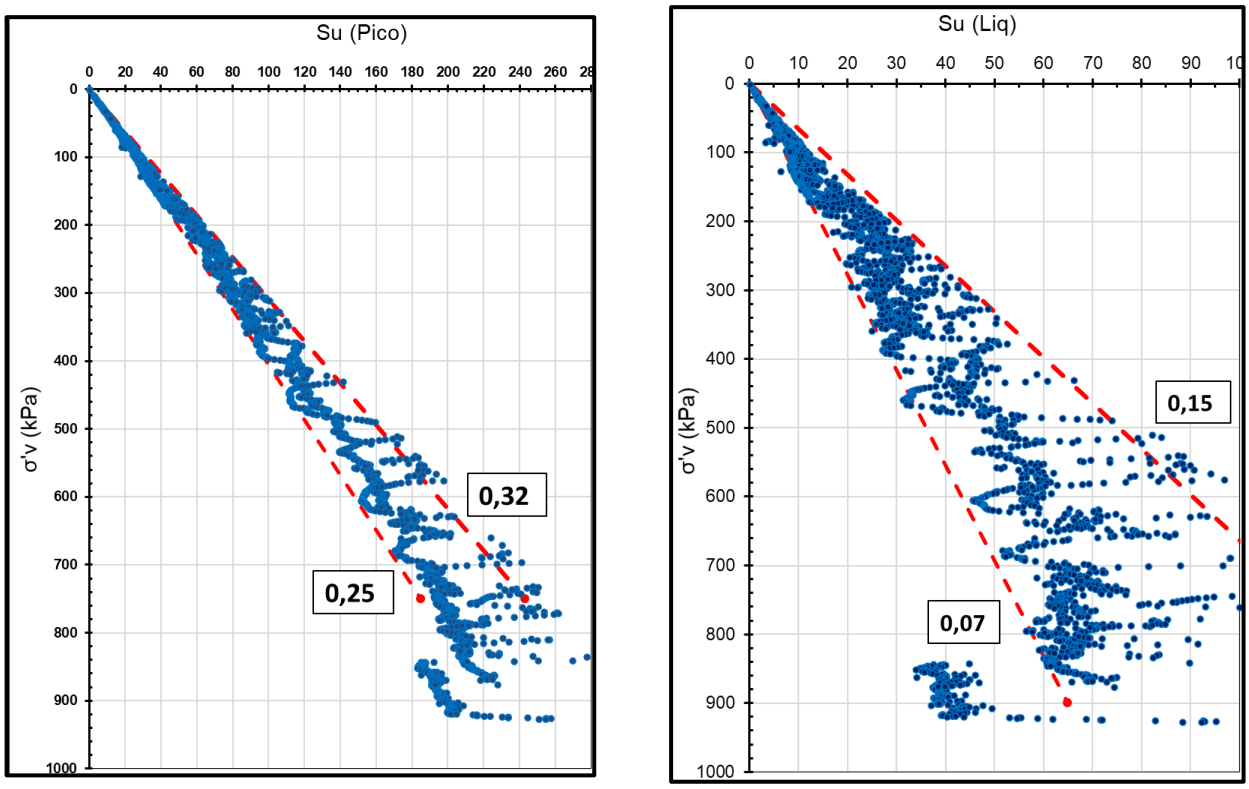


Figura 8.24 - Faixa de variação dos parâmetros de resistência não drenada (pico e liquefeita) para os ensaios de CPTu – Rejeito

Para definição dos valores determinísticos de razão de resistência não drenada (pico e liquefeita) considerando a condição não drenada dos rejeitos (Su / σ'v$_0$), será realizado um tratamento estatístico considerando os resultados dos ensaios CPTu (Figura 8.25 a Figura 8.28)

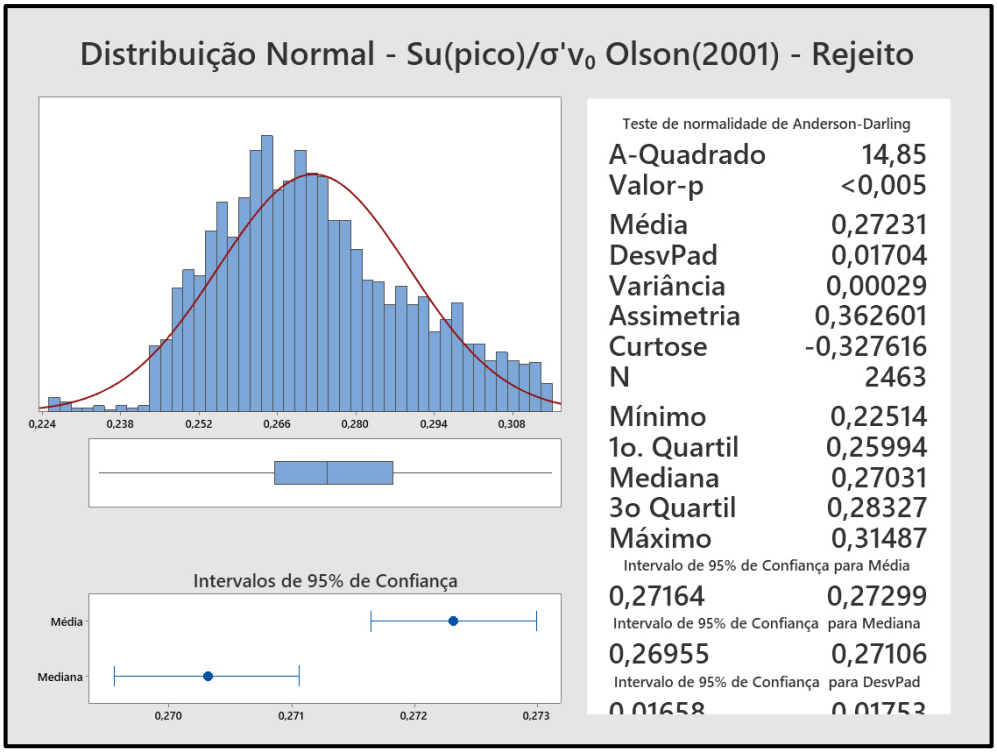


Figura 8.25- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - CPTu – Rejeito

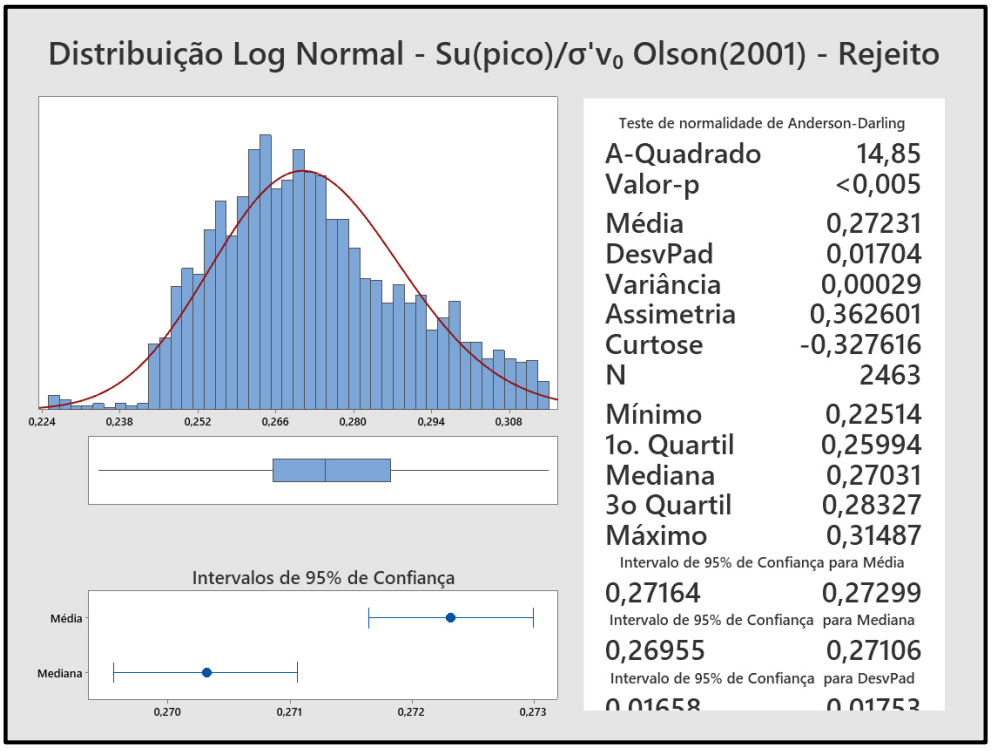


Figura 8.26- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - CPTu – Rejeito

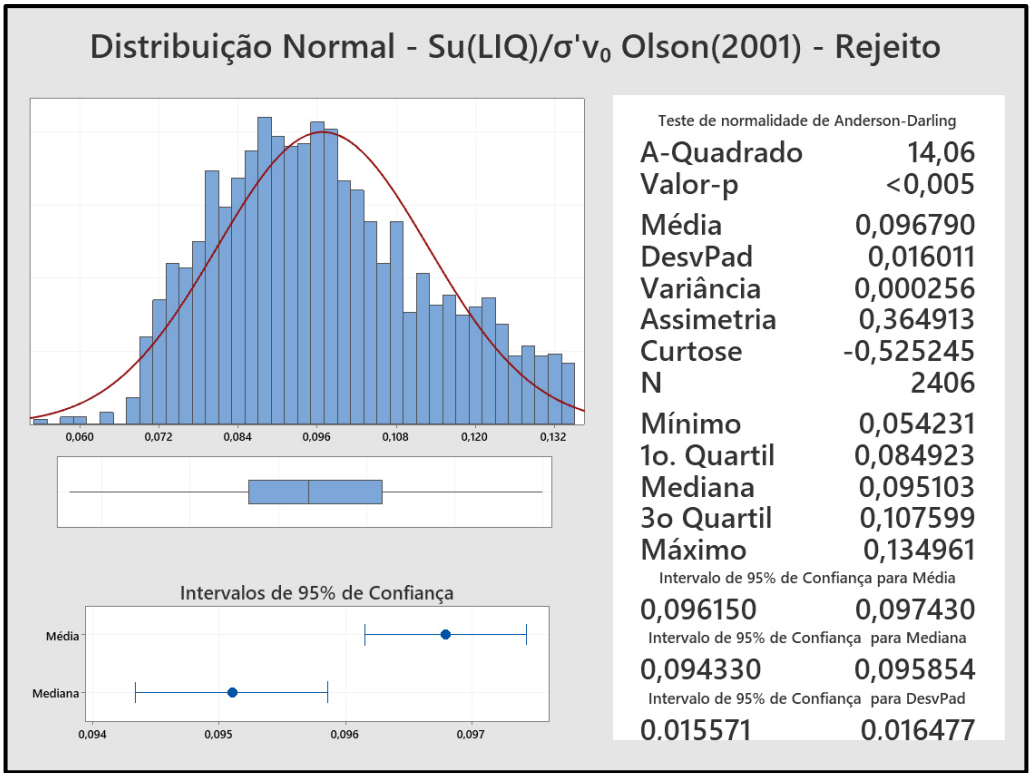


Figura 8.27- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - CPTu – Rejeito

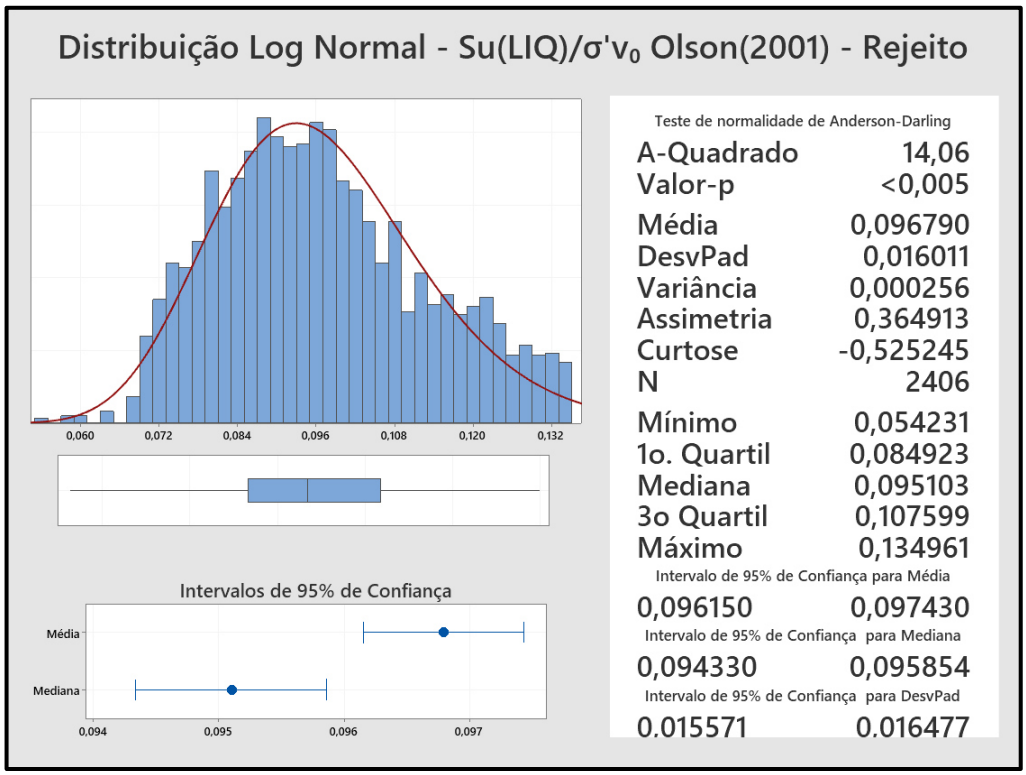


Figura 8.28- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - CPTu – Rejeito

Conforme pode ser observado da Figura 8.25 a Figura 8.28, a faixa de variação da resistência não drenada de pico e liquefeita varia de 0,22 a 0,31 e 0,05 e 0,13, respectivamente.

Após análise estatística, tomando como referência o 1º quartil, a resistência de pico foi determinada em 0,26 e a liquefeita em 0,08.

8.2.3.2.2 Ensaios de penetração (SPT)

Conforme mencionado anteriormente, foi feita uma análise de susceptibilidade à liquefação do rejeito estudado. A partir da metodologia apresentada, parte do material analisado foi considerado susceptível.

Para os rejeitos da barragem Forquilha III classificados como susceptíveis, foram calculados os valores de razão de resistência de pico não drenada (Su_{pico}) e a resistência liquefeita não drenada (Su_{liq}) seguindo a metodologia proposta por Olson e Stark (2003), válida para materiais granulares, não plásticos e contrácteis considerando ensaios SPT, conforme a Equação 14 e Equação 15 apresentada a seguir.

$$\frac{Su_{pico}}{\sigma'_{vo}} = 0{,}205 + 0{,}0075 x N_{1_{60}} \pm 0{,}04 \qquad \text{Equação 14}$$

$$\frac{Su_{liq}}{\sigma'_{vo}} = 0{,}030 + 0{,}0075 x N_{1_{60}} \pm 0{,}03 \qquad \text{Equação 15}$$

Equações válidas para $(N_1)_{60} \leq 12$.

A seguir, na Figura 8.29, são apresentadas as faixas de variação para a resistência não drenada de pico e liquefeita para o rejeito disposto no reservatório da Barragem BR. Observa-se que a faixa foi de 0,21 a 0,30 para a resistência de pico e de 0,04 a 0,12 para a resistência liquefeita.

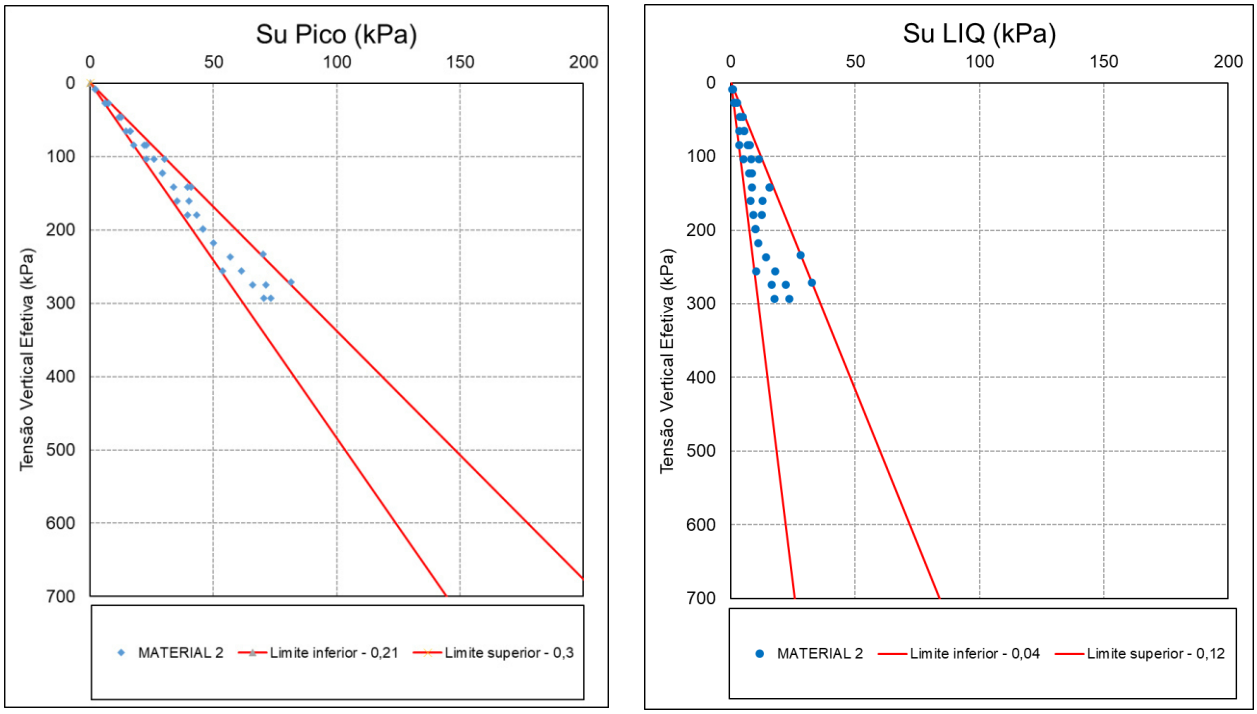


Figura 8.29 – Faixa de variação dos parâmetros de resistência não drenada (pico e liquefeita) para os ensaios de SPT – Rejeito.

Para definição dos valores determinísticos de razão de resistência não drenada (pico e liquefeita) considerando a condição não drenada dos rejeitos (Su / $\sigma'v_0$), será realizado um tratamento estatístico considerando os resultados dos ensaios SPT (Figura 8.30 a Figura 8.31).

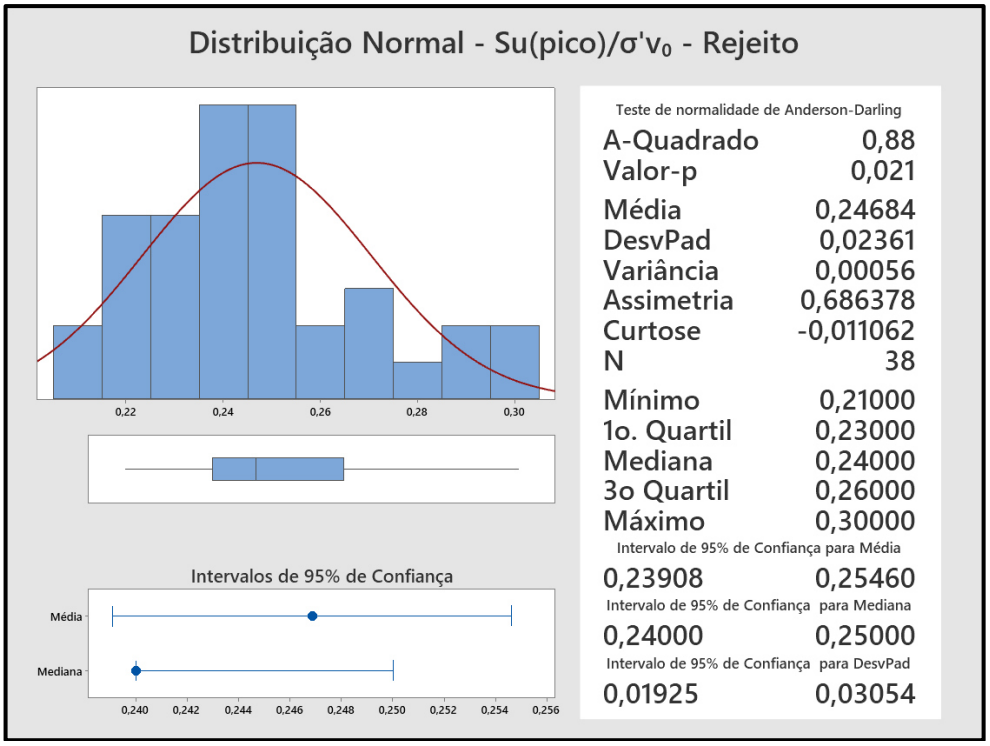


Figura 8.30- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - SPT – Rejeito

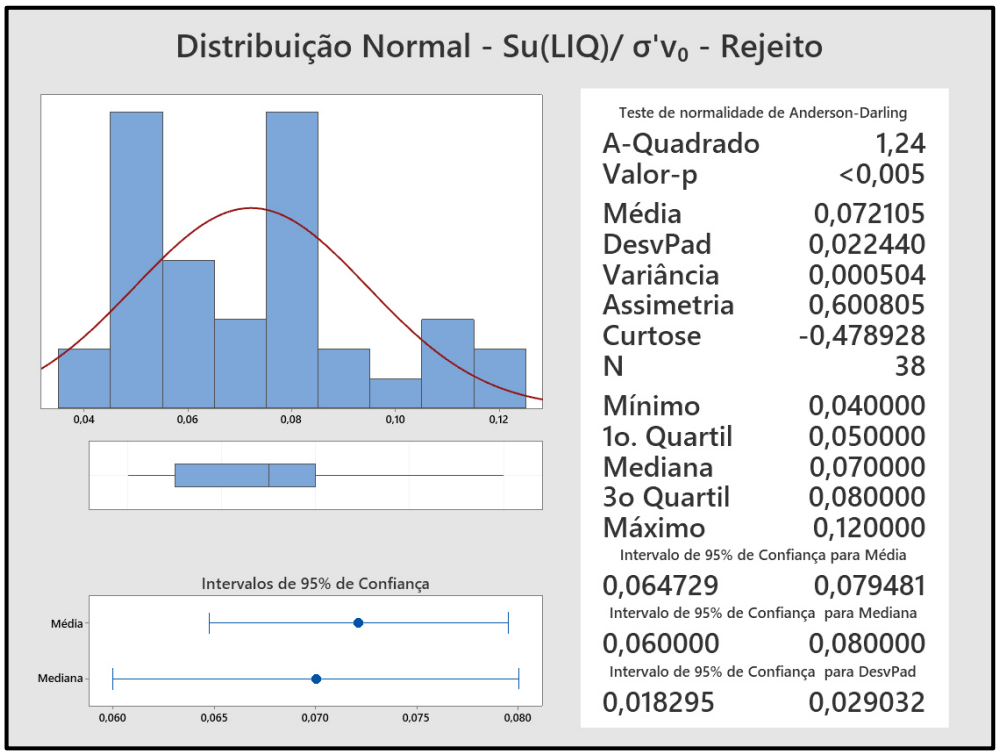


Figura 8.31- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - SPT – Rejeito

Conforme pode ser observado da Figura 8.30 a Figura 8.31, a faixa de variação da resistência não drenada de pico e liquefeita varia de 0,21 a 0,30 e 0,04 e 0,12, respectivamente.

Após análise estatística, tomando como referência o 1º quartil, a resistência de pico foi determinada em 0,23 e a liquefeita em 0,05.

8.2.3.2.3 Determinação dos Parâmetros de Resistência Não Drenados

Para este projeto, será adotada razão de resistência não drenada de pico igual a 0,26, valor obtido a partir das análises dos dados dos ensaios CPTu, além de ser conservador em relação aos outros métodos de análise propostos. A razão de resistência não drenada liquefeita adotada foi de 0,08, valor obtido para o 1° quartil das análises de CPTu.

8.2.1 Parâmetros de Permeabilidade

O parâmetro de permeabilidade dos rejeitos foi analisado considerando os ensaios SPT, de laboratório e CPTu, conforme descritos a seguir:

Na campanha de ensaios realizada pela Pattrol em 2014, observou-se que alguns furos de sondagem foram executados no rejeito. Os ensaios de infiltração realizados nesses furos indicaram um coeficiente de permeabilidade médio de 7,55 x 10^{-7} m/s. A Tabela 8-7 apresenta os resultados dos ensaios de infiltração realizados nesse furo.

Tabela 8-7 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios infiltração no rejeito.

Campanha	Código do furo	Resultados – k (cm/s) Trechos Ensaiados (m)			K médio	
		2,0 a 5,0	**7,0 a 10,0**	**12,0 a15,0**	cm/s	m/s
Pattrol (2014)	SP 02	5,44E-05	2,61E-05	-	4,03E-05	4,03E-07
	SP 03	8,65E-05	6,66E-05	-	7,66E-05	7,66E-07
	SP 04	1,60E-04	2,73E-05	-	9,37E-05	9,37E-07
	SP 05	1,18E-04	8,80E-05	-	1,03E-04	1,03E-06
	SP 06	3,58E-05	1,13E-04	6,19E-05	7,44E-05	7,44E-07
	SP 07	5,20E-05	1,91E-05	4,54E-05	3,56E-05	3,56E-07
	SP 08	1,64E-04	3,30E-05	4,67E-05	9,85E-05	9,85E-07
	SP 09	1,31E-04	3,27E-05	4,10E-05	8,19E-05	8,19E-07

Na campanha de 2014 da Pattrol foram coletadas amostras para ensaios de laboratório, sendo que 3 das amostras retiradas no rejeito foram utilizadas para ensaios de permeabilidade. A Tabela 8-8 resume os resultados obtidos. A média dos resultados foi de 4,67 x 10^{-5} m/s.

Tabela 8-8 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de laboratório no rejeito – Georadar 2016

Amostra	Prof. (m)	Tipo de amostra	k (cm/s)	k (m/s)
PI 01	1,2 a 1,5	Amostra indeformada	4,90E-03	4,90E-05
PI 02	1,2 a 1,5	Amostra indeformada	5,15E-03	5,15E-05
PI 03	1,2 a 1,5	Amostra indeformada	3,95E-03	3,95E-05

Além disso, nas sondagens CPTu realizadas em 2019 pela Pattrol, foram realizados ensaios de dissipação em ambos os furos (CPTu-01 e CPTu-02). Os resultados estão indicados na Tabela 8-9. Alguns ensaios não foram bem executados e por isso foram descartados, como são os casos das profundidades 34,55 m e 40,90 m. A média dos resultados foi de 4,24 x 10^{-8} m/s

Tabela 8-9 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de dissipação – Pattrol 2019

Código do furo	Profundidade da leitura (m)	Leitura k (cm/s)	Leitura k (m/s)
CPTu-01	34,55	-	-
CPTu-01	37,90	2,96 x 10^{-6}	2,96 x 10^{-8}
CPTu-01	40,90	-	-
CPTu-01	43,95	1,05 x 10^{-6}	1,05 x 10^{-8}
CPTu-01	46,95	2,58 x 10^{-6}	2,58 x 10^{-8}
CPTu-01	50,00	4,68 x 10^{-6}	4,68 x 10^{-8}
CPTu-01	53,00	2,26 x 10^{-6}	2,26 x 10^{-8}
CPTu-01	56,00	2,80 x 10^{-6}	2,80 x 10^{-8}
CPTu-02	41,85	2,30 x 10^{-7}	2,30 x 10^{-9}
CPTu-02	42,40	1,74 x 10^{-7}	1,74 x 10^{-7}
CPTu-02	45,20	4,23 x 10^{-7}	4,23 x 10^{-8}

Além disso, pode ser feita a interpretação do coeficiente de permeabilidade a partir dos resultados de resistência de ponta do cone. As médias dos coeficientes de permeabilidade para cada furo estão indicadas na Tabela 8-10.

Tabela 8-10 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de dissipação – Pattrol, 2016

Campanha	Código do furo	k médio (cm/s)	K médio (m/s)
Pattrol (2019)	CPTu-01	1,52 x 10^{-3}	1,52 x 10^{-5}
	CPTu-02	1,80 x 10^{-2}	1,80 x 10^{-4}

Observa-se alta dispersão nos valores de permeabilidade encontrados, variando desde de 10^{-7} m/s a 10^{-9} m/s. Com isso, a determinação destes parâmetros e da anisotropia dos materiais só será possível durante a calibração realizada no projeto detalhado a partir de modelos numéricos, e balizados pelos dados de instrumentação existente no maciço.

8.3 MACIÇO DE MAGNETITA

Para a caracterização dos rejeitos de magnetita foram utilizados dados não só de investigações de campo como sondagens SPT e mista, ensaios de piezocone, como também ensaios de laboratório, conforme descritos a seguir:

- SPT e Sondagem Mista

  - Campanha de 15 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2014;
  - Campanha de 6 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2019;
  - Campanha de 4 sondagens mistas realizadas pela Pattrol em 2018 (PAT-RT-OSS.063-SOND-2018);
  - Campanha de 7 sondagens mistas realizadas pela Pattrol em 2018 (PAT-RT-SOND-148-2019-REV02 e PAT-RT-SOND.131-2019);

- Ensaios CPTu

  - Campanha de seis (5) ensaios Piezocone – CPTu realizados pela Pattrol em 2019;
  - Campanha de seis (1) ensaios Piezocone – CPTu realizados pela Damasco Penna em 2019;

  Nestas campanhas foram realizados 15 ensaios de dissipação de poropressão em profundidades distintas. As informações sobre os ensaios podem ser visualizadas na Tabela 8-11.

Tabela 8-11 – Resumo dos ensaios de dissipação (VRD-11-GRE-01 – Fugro, 2013)

Furo	Profundidade Final CPTu (m)	Profundidades de execução dos ensaios de dissipação (m)			
CPTU - 03 (Pattrol 2019)	33,35	17,95	19,95	28,0	31,05
CPTU – 04 (Pattrol 2019)	25,20	14,85	18,90	21,90	25,20
CPTU - 05 (Pattrol 2019)	13,30	11,90	13,30	8,90	-

Furo	Profundidade Final CPTu (m)	Profundidades de execução dos ensaios de dissipação (m)			
CPTU – 06 (Pattrol 2019)	36,20	33,25	36,20	-	-
CPTU - 07 (Pattrol 2019)	19,45	17,85	19,45	-	-
CPTU - 03 (Damaco Penna 2019)	35,40	29,82	32,80	35,40	-

- Para analisar os resultados dos ensaios foi utilizado o software CPTit-3.0, no qual foram lançados os dados brutos de todos os ensaios e, em seguida, cada um foi tratado isoladamente. Por fim, os dados referentes ao mesmo material foram reunidos para interpretação dos parâmetros, como será discutido adiante;

- O N.A em cada furo foi estabelecido a partir da leitura informada no ensaio e calibrado a partir do NA fornecido em sondagens mistas realizados próximos aos ensaios CPTu's.

- Ensaios triaxiais

  - Foram consideradas nesta análise 2 amostras do tipo indeformada, sendo estas PI04 E PI05.
  - Os ensaios triaxiais foram executados com cisalhamento não drenado. Antes do cisalhamento, as amostras foram adensadas isotropicamente (CIU).

8.3.1 Caracterização Física

Para a caracterização física do maciço de magnetita foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) em um total de duas amostras, sendo estas, as amostras PI04 e PI05, conforme apresentado na Tabela 8-12. A Partir dos ensaios de caracterização, observou-se que a massa específica dos sólidos (δ) variou entre 4,43 a 4,74 g/cm³, o peso específico natural do maciço de magnetita variou entre 27,02 kN/m³ e 28,99 kN/m³. Com relação a compacidade relativa do material, verificou-se que para a amostra PI-04, o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66. Segundo a terminologia sugerida por Terzaghi (1947), isso indica que o rejeito apresenta compacidade média. Já em relação a amostra PI-05, verificou-se que o valor calculado para o índice de vazios natural é menor que o valor obtido para o $e_{mín}$. Caso seja utilizado este valor, pode se prever, segundo o conceito já explicitado, que a magnetita é considerada compacta.

Tabela 8-12 – Resumo dos resultados de caracterização física do maciço de magnetita.

Amostra	Prof. (m)	γnat (kN/m³)	w(4)nat (%)	γd (1) (kN/m³)	enat(2)	emáx	emín	CR(5)	δ (g/cm³)	γsat(3) (kN/m³)	Granulometria					
											Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-04	1,2 a 1,5	27,02	3,6	26,07	0,81	0,94	0,59	0,37	4,74	27,13	2,9	9,9	23,9	36,5	23,4	3,3
PI-05	1,2 a 1,5	28,99	4,4	27,77	0,59	0,97	0,61	1,06	4,43	29,09	3,7	3,6	21,8	47,7	23,2	0

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat}/ (1+w_{nat})$;
(2) e_{nat} foi calculado pela correlação: $(\delta^* \gamma_w /\gamma_d) – 1$.
(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1+w_{nat})/(1+e)$
(4) Teor de umidade natural "*In Situ*"
(5) Compacidade relativa calculada através da equação $CR = (e_{máx} - e_{na})/(e_{máx} - e_{mín})$

A partir dos ensaios de granulometria, observou-se que o maciço de magnetita é composto por material predominantemente arenoso com pequena quantidade de silte e argila, como pode ser observado na Tabela 8-12 e na Figura 8.32.

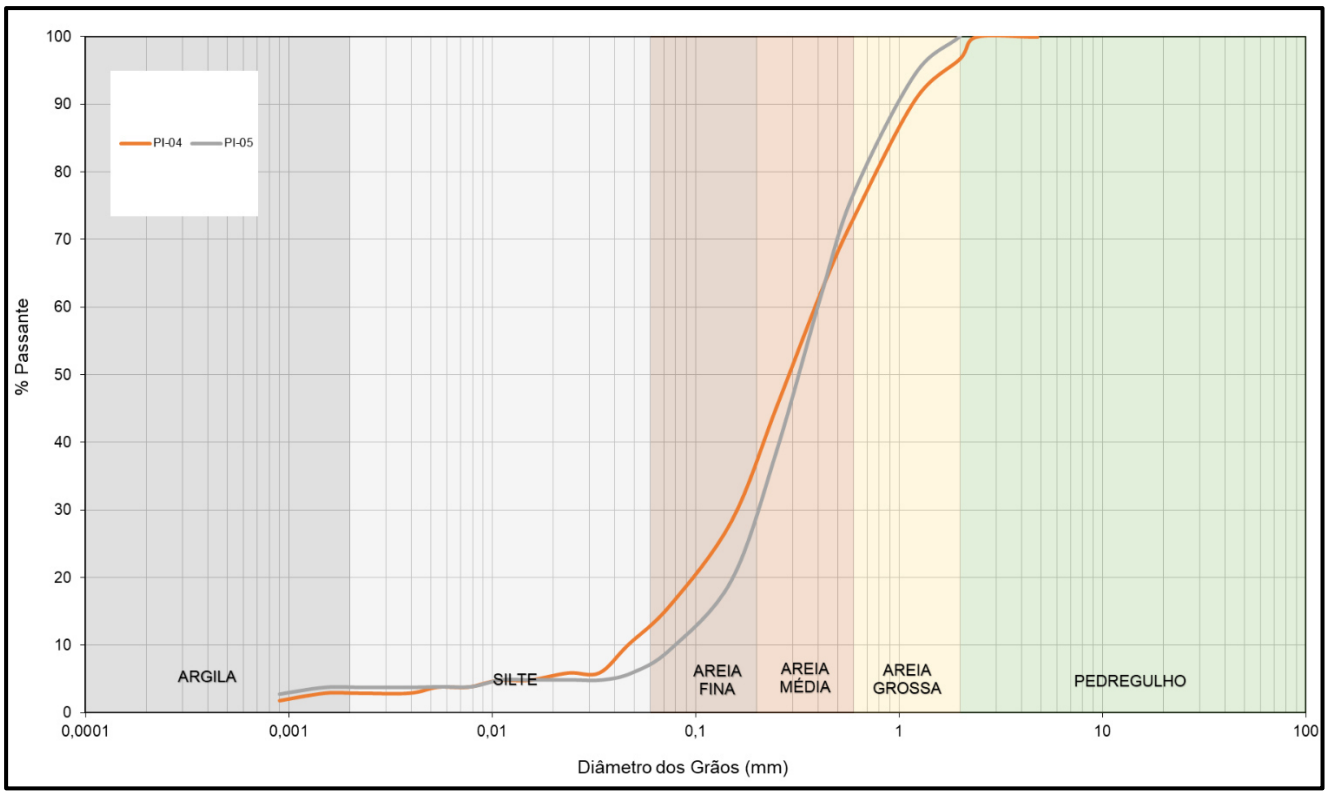


Figura 8.32 - Curvas granulométricas do maciço de magnetita.

8.3.2 Ensaios de Campo

Os arquivos obtidos através do CPeT dos ensaios CPTu's utilizados neste relatório se encontram no APÊNCICE C e APÊNDICE D.

8.3.3 Susceptibilidade a Liquefação

8.3.3.1 Susceptibilidade à liquefação a partir de ensaios de caracterização física

A partir do exposto no item 8.2.2.1, foi possível elaborar o gráfico da Figura 8.33. Verifica-se, portanto, que o maciço de magnetita da Barragem BR apresenta uma predominância granulométrica de areia grossa a fina com pequena presença de siltes.

Nota-se que a curva granulométrica do maciço abrange o contorno proposto para os solos mais suscetíveis à liquefação sugerida por Tsuchida (1970). Portanto, segundo proposta de Tsuchida, o maciço da Barragem BR é dito susceptível à liquefação.

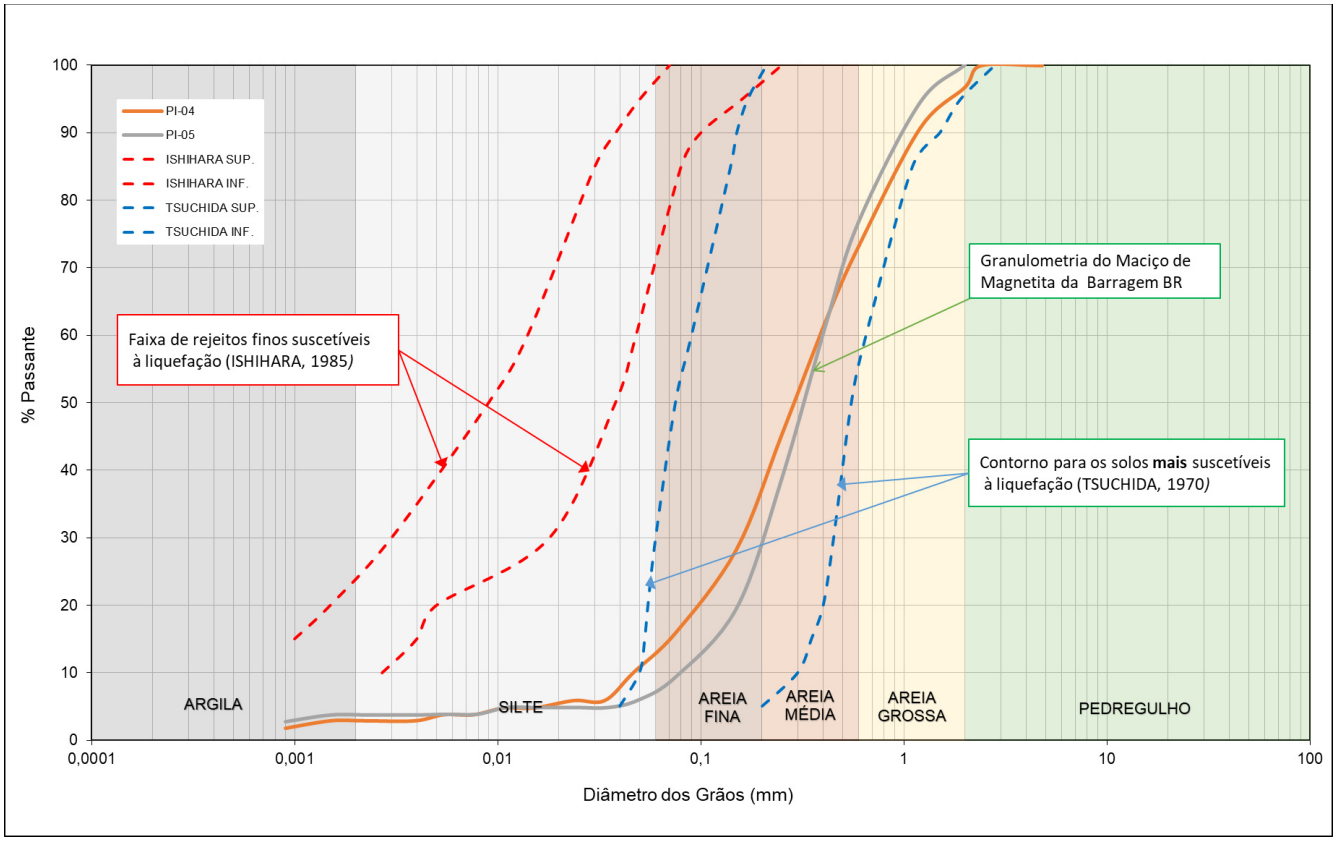


Figura 8.33 - Contorno dos materiais suscetíveis à liquefação segundo Ishihara (1985) e Tsuchida (1970) e curvas granulométricas do maciço de magnetita da Barragem BR.

8.3.3.2 Susceptibilidade à Liquefação a partir de ensaios de penetração (CPTu e SPT)

A partir da teoria já explicitada no item 8.2.2.2, será verificada aqui neste item a susceptibilidade à liquefação do maciço de magnetita, levando em consideração as metodologias já apresentadas.

Os arquivos obtidos através do CPeT-IT dos ensaios CPTu's utilizados neste relatório se encontram no APÊNCICE C e APÊNDICE D.

- **Olson e Stark (2003)**

A Figura 8.34 apresenta a aplicação do método supracitado. Verifica-se em geral resistências de ponta q_{c1} e número de golpes normalizado $(N_1)_{60}$ bastante reduzidas e a esquerda da envoltória. Os pontos posicionados à esquerda das envoltórias apresentam comportamento contrátil e são classificados como susceptíveis a liquefação.

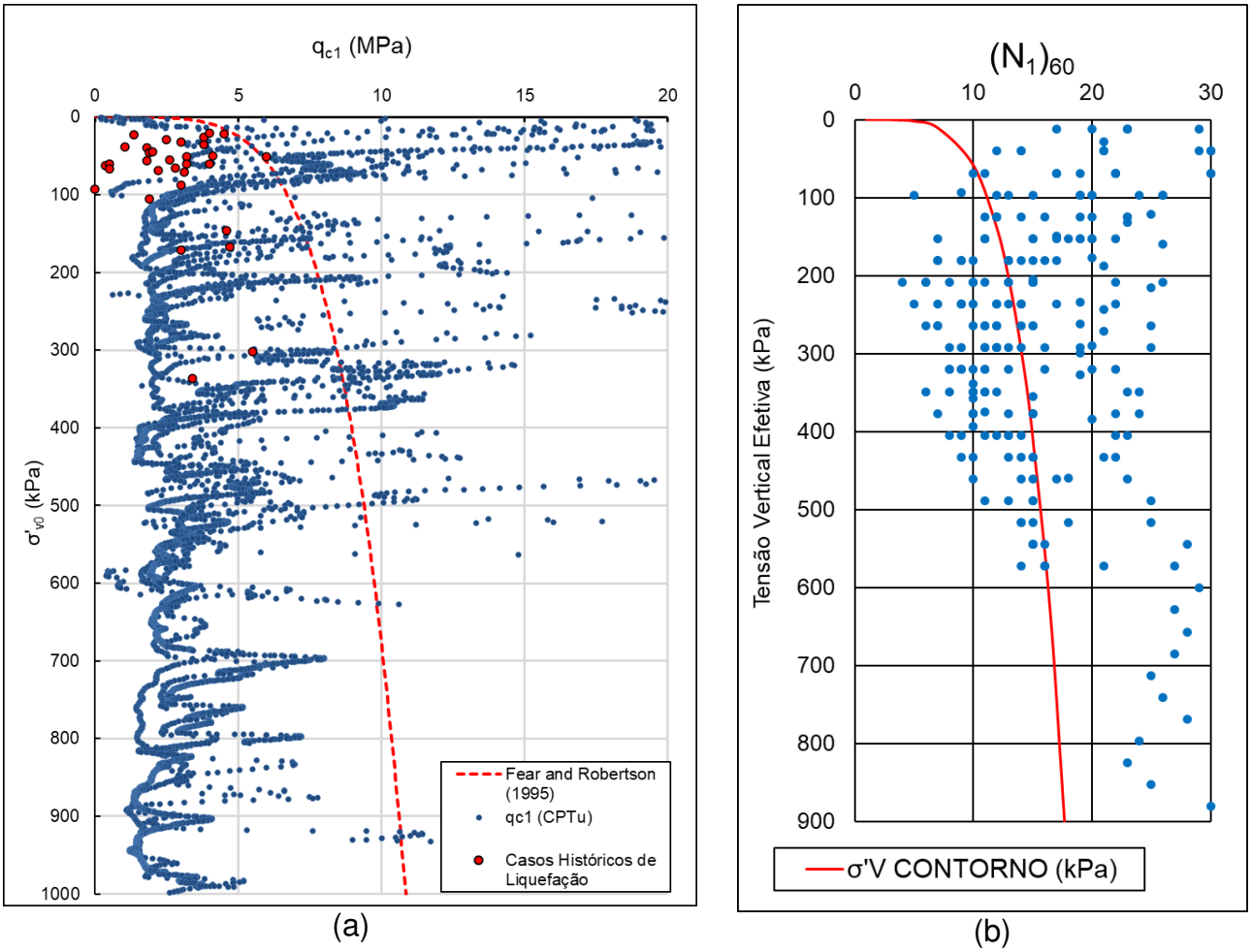


Figura 8.34 - Envoltória para avaliação de SUSCETIBILIDADE à liquefação segundo Olson e Stark (2003): (a) Utilizando a resistência de ponta (q_{c1}) do CPTu e (b) número de golpes normalizado $(N1)_{60}$ do SPT.

Portanto, para as condições definidas pela metodologia proposta por Olson e Stark (2003), que considera tanto os resultados obtidos a partir dos ensaios de CPTu e SPT, o material presente no reservatório da Barragem BR configura-se majoritariamente como material contrátil, portanto susceptível a liquefação.

- **Robertson (2016)**

Na Figura 8.35 é apresentado o gráfico SBT proposto por Robertson (2016) para a avaliação da suscetibilidade segundo os aspectos supracitados.

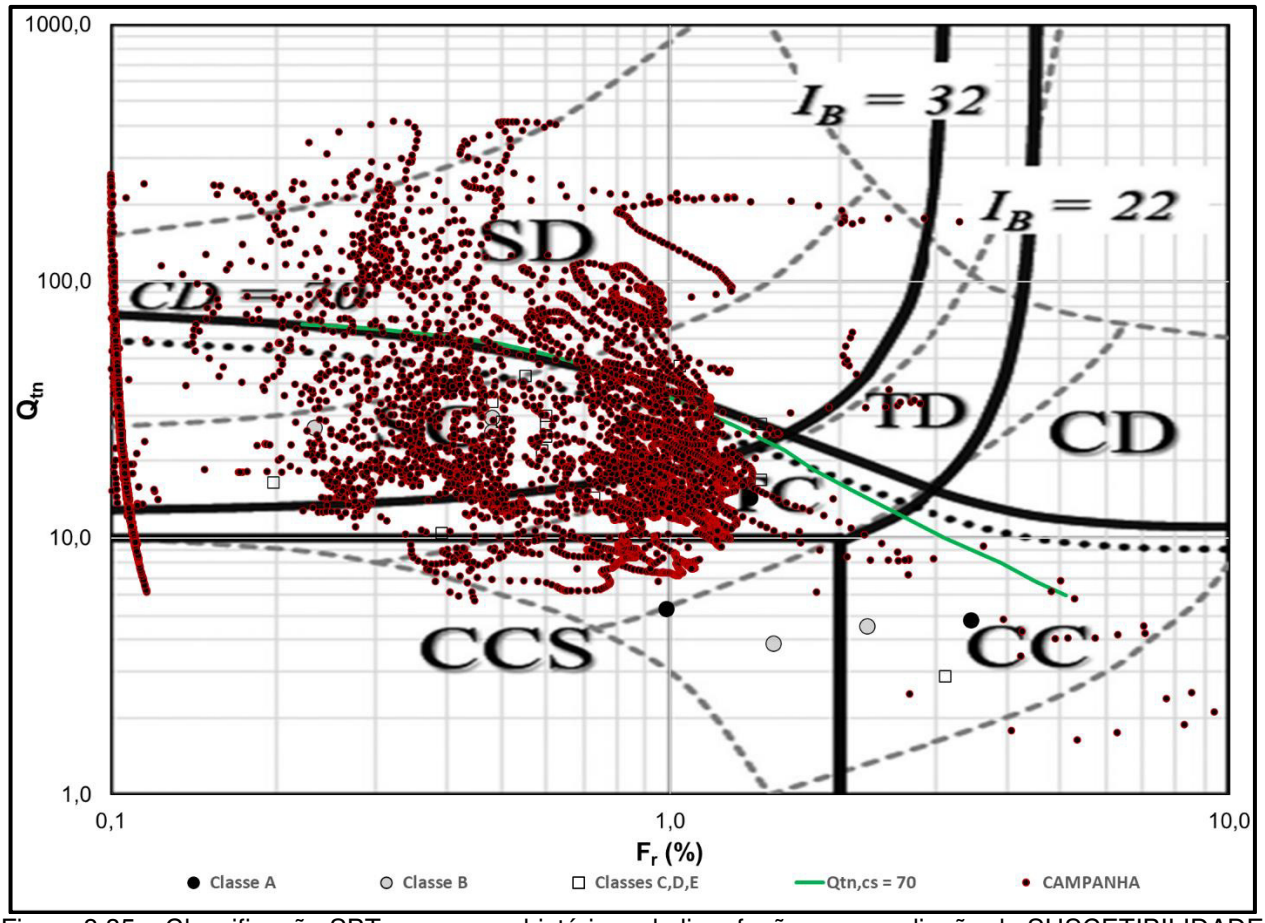


Figura 8.35 – Classificação SBT com casos históricos de liquefação para avaliação da SUSCETIBILIDADE segundo Robertson (2016).

Na Figura 8.36, os pontos vermelhos representam os dados de CPTu obtidos no maciço de magnetita da Barragem BR. Nesse contexto, a Figura 8.11 mostra a porcentagem dos pontos que se enquadraram em cada região de interesse. Observa-se que 79% dos pontos encontram-se abaixo do contorno de CD = 70, configurando materiais predominantemente contráteis e suscetíveis a liquefação.

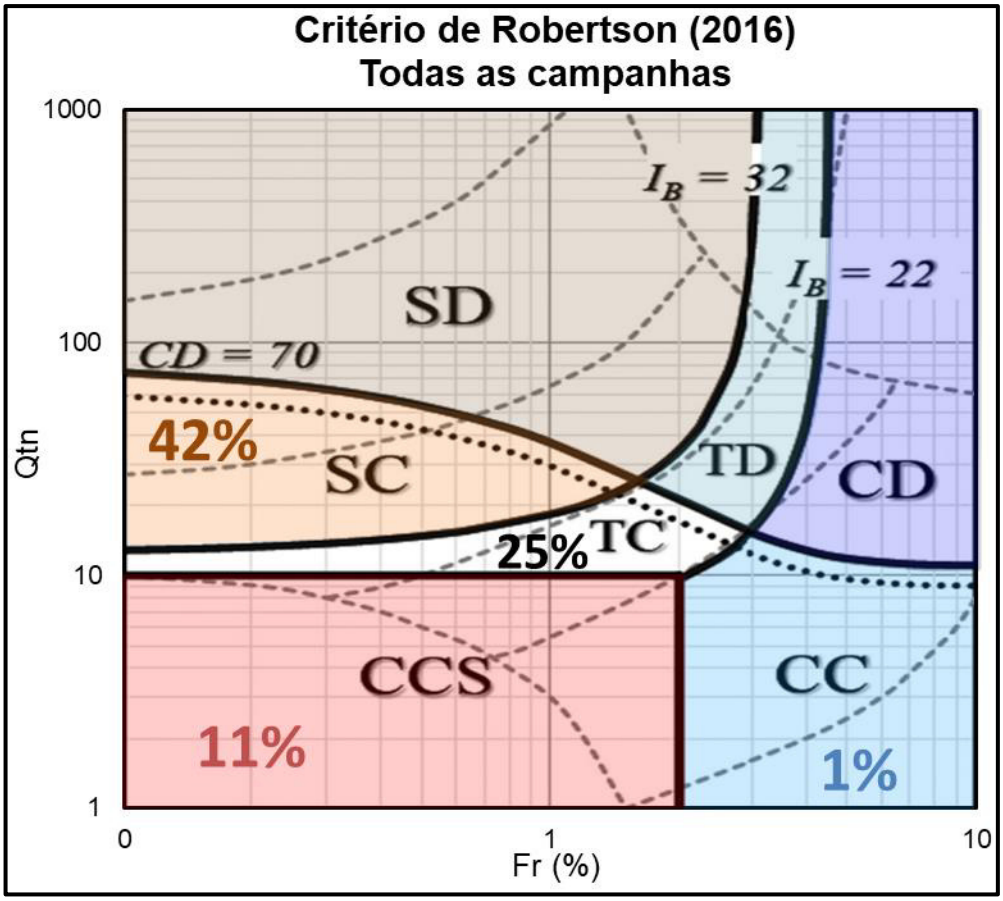


Figura 8.36 – Classificação SBT com casos históricos de liquefação para avaliação da suscetibilidade segundo Robertson (2016). Porcentagem dos pontos amostrados que se enquadraram em cada região abaixo da linha de contorno CD = 70.

É importante ressaltar que apenas 12% dos pontos são classificados como "*clay like contractive behavior*", sendo que poucos casos de liquefação ocorreram nesta região. Mesmo assim, de forma conservadora e devido ao material não apresentar plasticidade significativa, estes materiais serão considerados como suscetíveis a liquefação.

Para as condições definidas pela metodologia proposta por Robertson (2016), 79% do material presente no maciço de magnetita da Barragem BR configura-se como material contrátil, portanto suscetível a liquefação.

- **Jefferies e Been (2016)**

A Figura 8.37 indica o parâmetro de estado calculado pela metodologia indicado para os ensaios realizados na Barragem BR.

(a) (b)

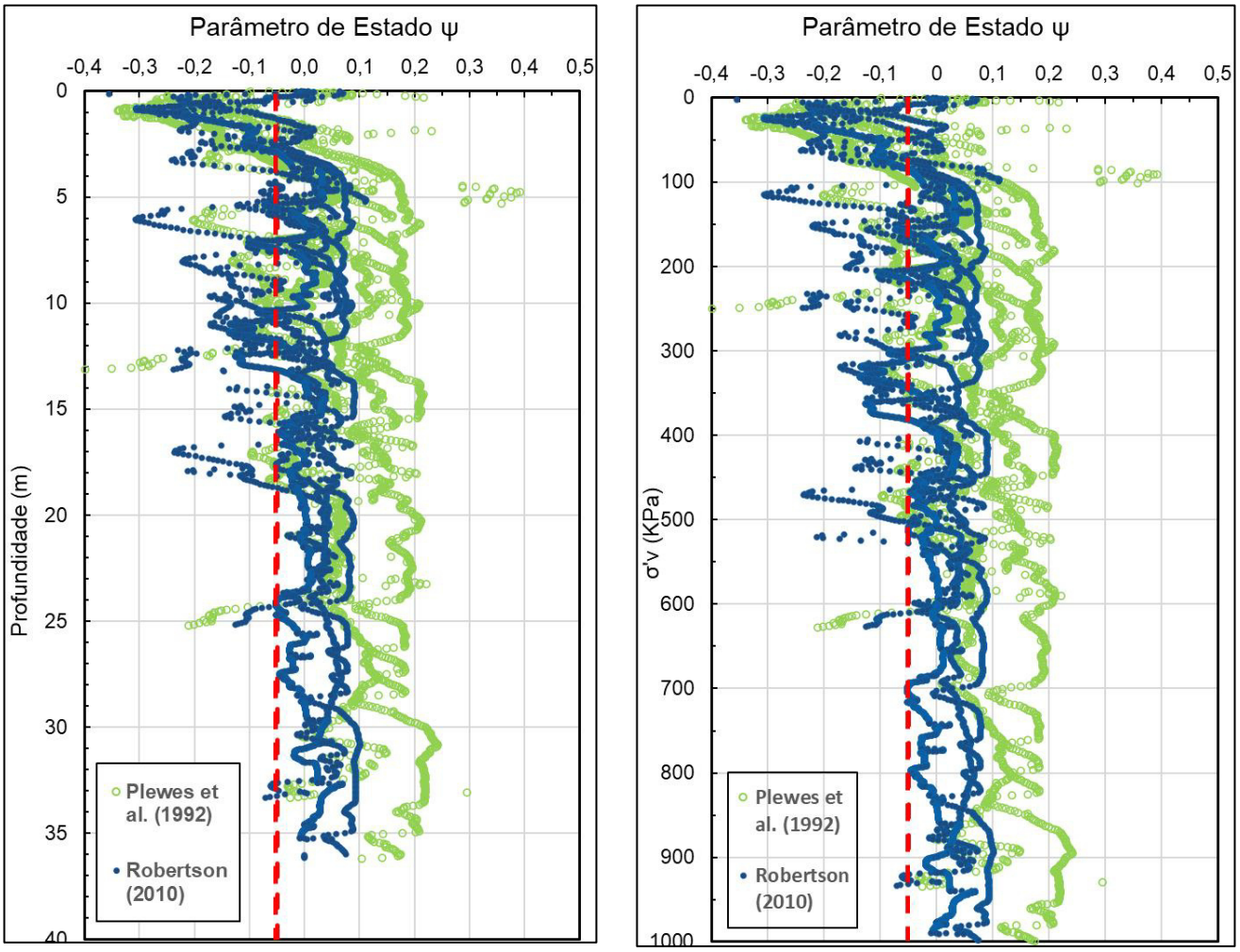


Figura 8.37 – Parâmetro de estado segundo correlação de Robertson (2010) e Plewes (1992) em relação a: (a) Profundidade e (b) Tensão efetiva.

Conforme observa-se na Figura 8.37, segundo as metodologias propostas aplicadas aos resultados do ensaio de piezocone, o material do maciço de magnetita apresenta majoritariamente parâmetro de estado superior ao limite proposto por Jefferies e Been (2016), ψ > -0,05. Portanto configura-se como material contrátil, e consequentemente suscetível a liquefação.

8.3.4 Parâmetros de Resistência

8.3.4.1 Resistência Drenada

8.3.4.1.1 Ensaios Triaxiais CIU

Para auxiliar na definição dos parâmetros de resistência do rejeito, foram analisados os ensaios triaxiais CIU realizados nas amostras PI04 e PI05 da campanha Pattrol 2014.

Conforme resumido na Tabela 8-13, foram analisados os ensaios triaxiais CIU de 2 (três) amostras indeformadas coletadas no maciço de magnetita da Barragem BR. As amostras foram coletadas nas profundidades de 1,2 m a 1,5 m, correspondendo à superfície da praia de rejeitos.

Tabela 8-13 Resumo dos ensaios triaxiais não drenados e respectivas amostras.

Código	Ponto de Coleta	Prof. (m)	Tipo	Ensaio	Comportamento
PI-04	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Contráctil
PI-05	Praia de Rejeito	1,2 a 1,5	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)	Dilatante

- Trajetória de Tensões

Os resultados dos triaxiais foram compilados no plano de tensões t' x s', procurando-se agrupar as amostras retiradas em profundidades semelhantes e com a mesma classificação granulométrica: P-04 e PI-05 (silte arenoso com pouca quantidade de argila).

Nesse sentido, as Figura 8.38 e Figura 8.39 apresentam a variação ϕ' para as amostras PI-04 e PI-05 ensaidas no maciço de magnetita da Barragem BR.

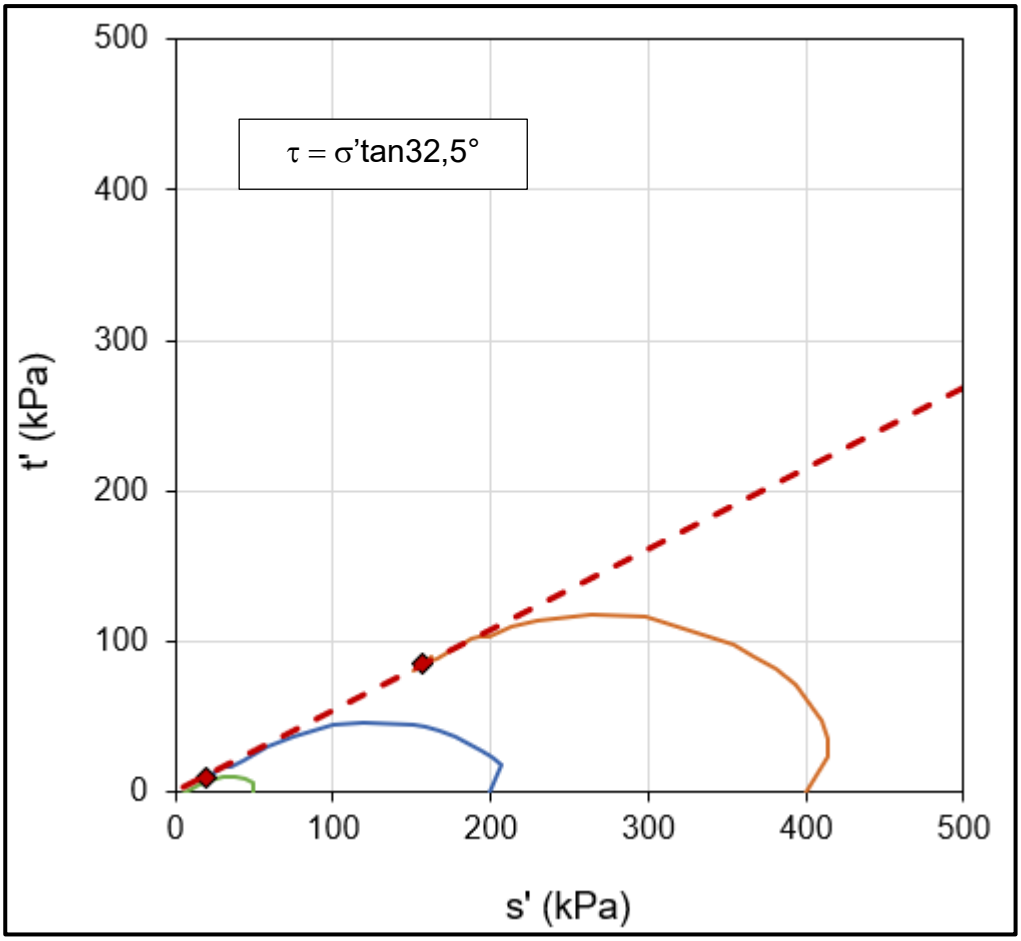


Figura 8.38 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-04, no plano t' x s'.

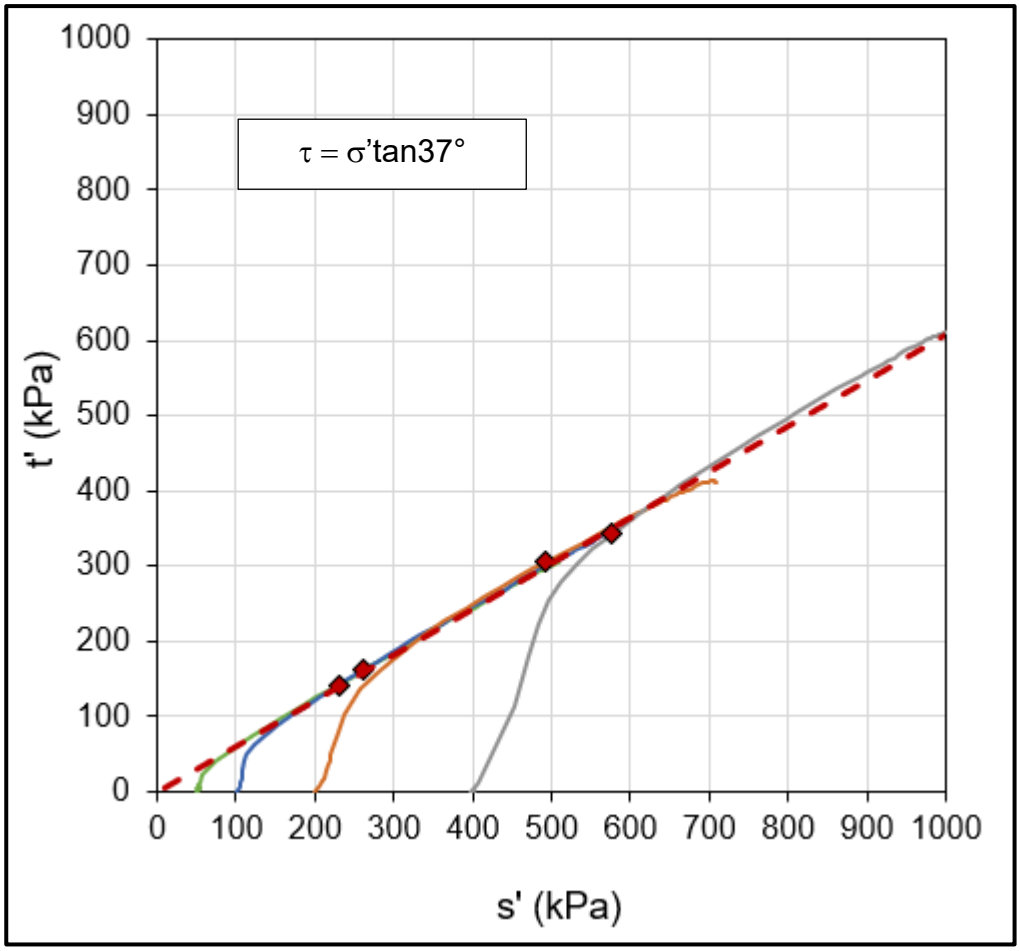


Figura 8.39 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-05, no plano t' x s'.

Observa-se que, a partir das curvas analisadas, foi obtido ângulo de atrito efetivo de pico entre 32° e 37°, e intercepto coesivo igual a 0kPa para o maciço da barragem BR.

8.3.4.1.2 Ensaios de penetração (SPT)

Considerando todas as campanhas, um total de 34 furos interceptaram o maciço de magnetita da barragem, sendo que os valores de $N_{SPT\ 70}$ variaram de 2 a 39 golpes, com uma média de 19 golpes.

A Figura 8.40 apresenta o histograma de distribuição normal para os dados obtidos de todas as sondagens à percussão e mista realizadas no maciço da Barragem BR. A Figura 8.41 indica a distribuição log normal para os mesmos dados.

Foi definido um intervalo de confiança de 95% e, assim, foram excluídos os dados que estavam fora deste intervalo. Sendo assim, os valores de N_{SPT} da série considerada variam de 2 a 39 golpes. O primeiro quartil da distribuição amostral foi de 14 golpes, sendo este um

valor que pode ser utilizado para calcular os parâmetros de resistência de maneira conservadora.

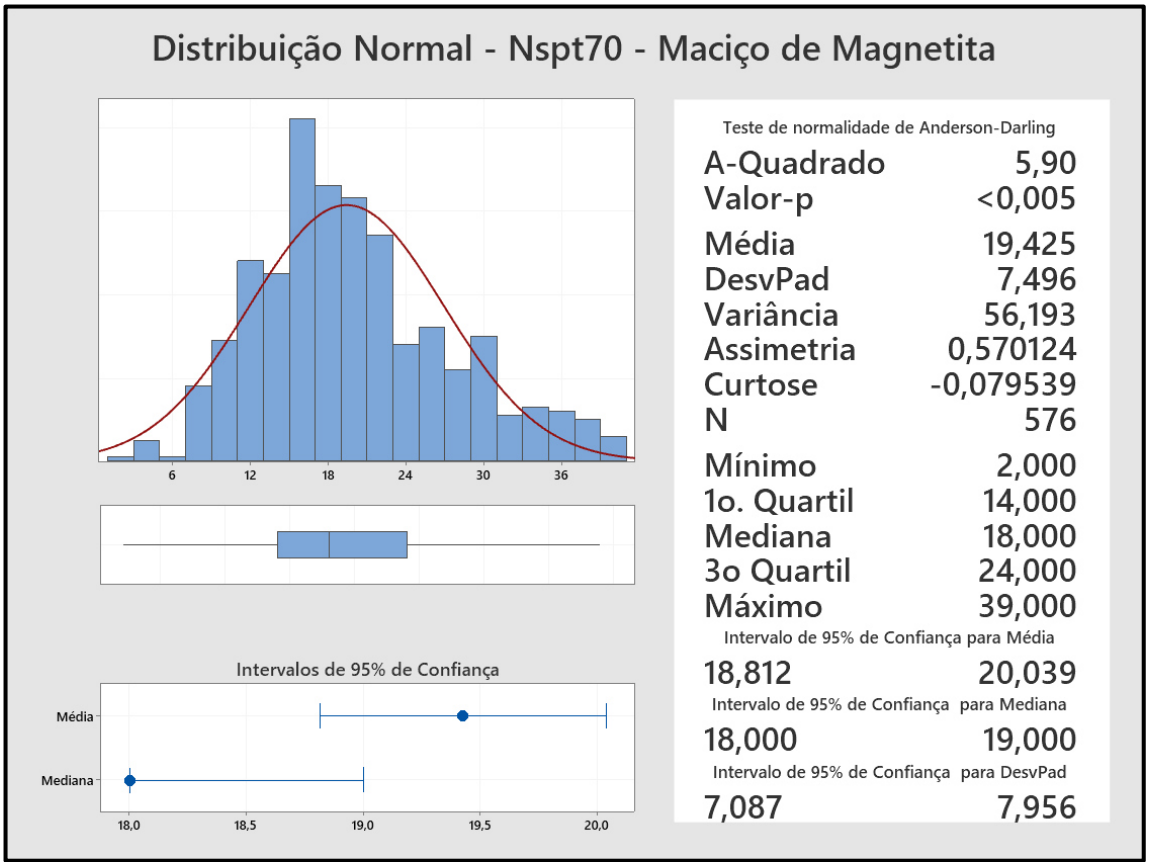


Figura 8.40 – Histograma de distribuição normal – NSPT – Maciço de Magnetita.

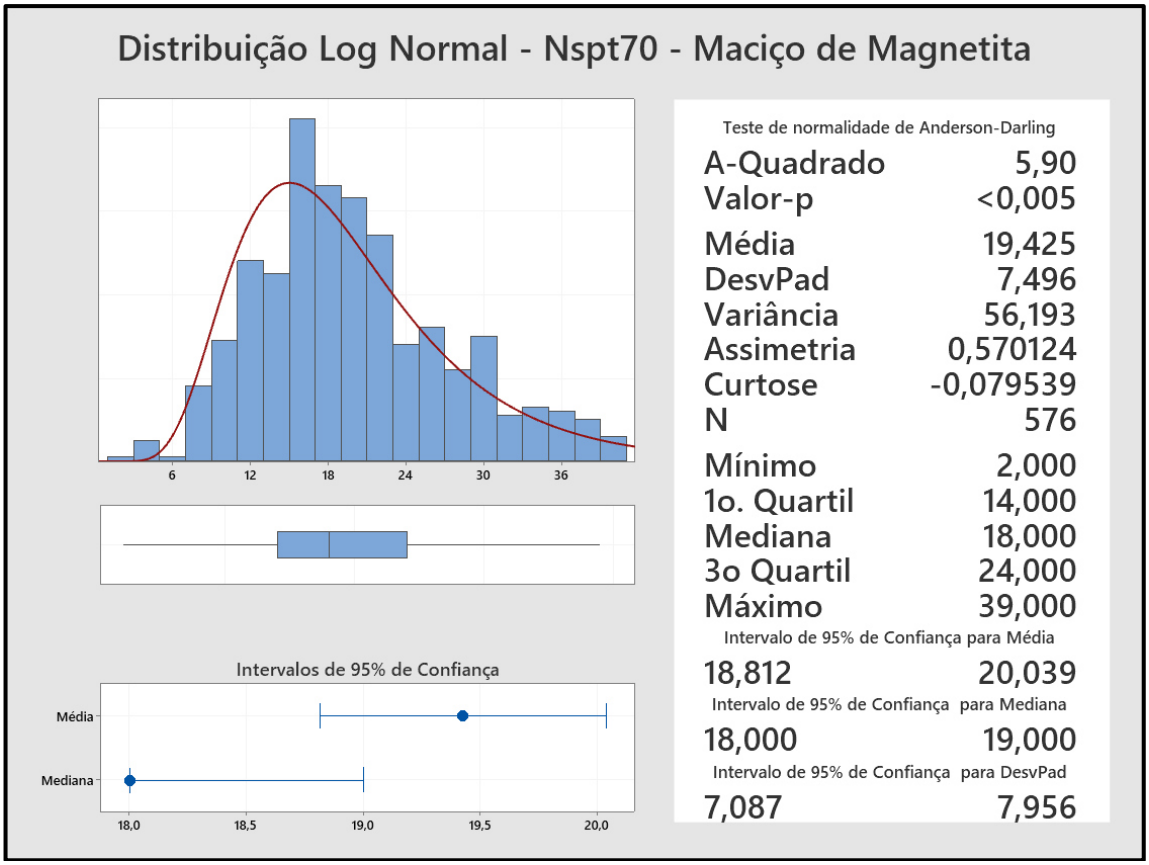


Figura 8.41 – Histograma de distribuição log normal – NSPT – Maciço de Magnetita.

As Figura 8.42 e Figura 8.43 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro Densidade Relativa (DR) do material. Observa-se que a densidade relativa variou de 20 a 86, com uma média de de 50.

A Densidade Relativa foi calculada pois, conforme será abordado no item seguinte, algumas correlações para definição do ângulo de atrito do rejeito são baseadas neste parâmetro. Sendo assim, foi feito o mesmo tratamento estatístico utilizado nos valores de N_{SPT}.

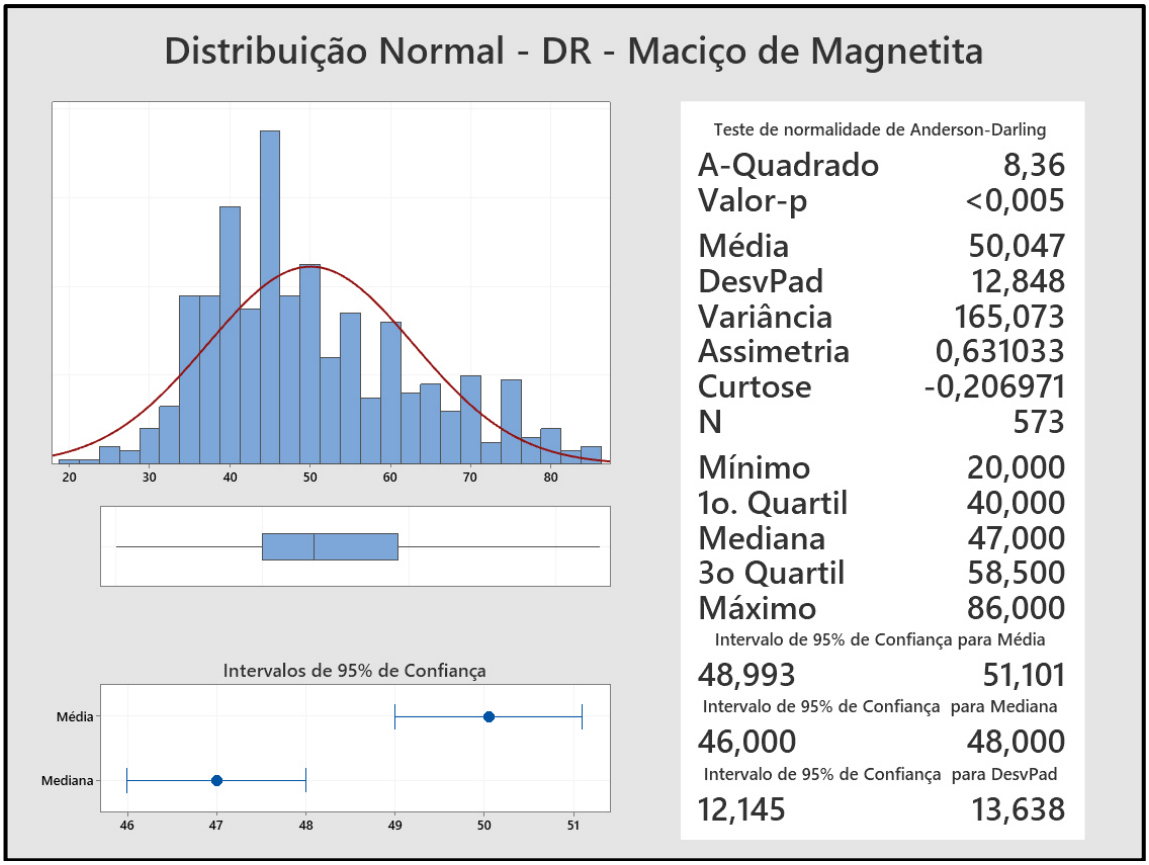


Figura 8.42 – Histograma de distribuição normal – Densidade Relativa – Maciço de Magnetita.

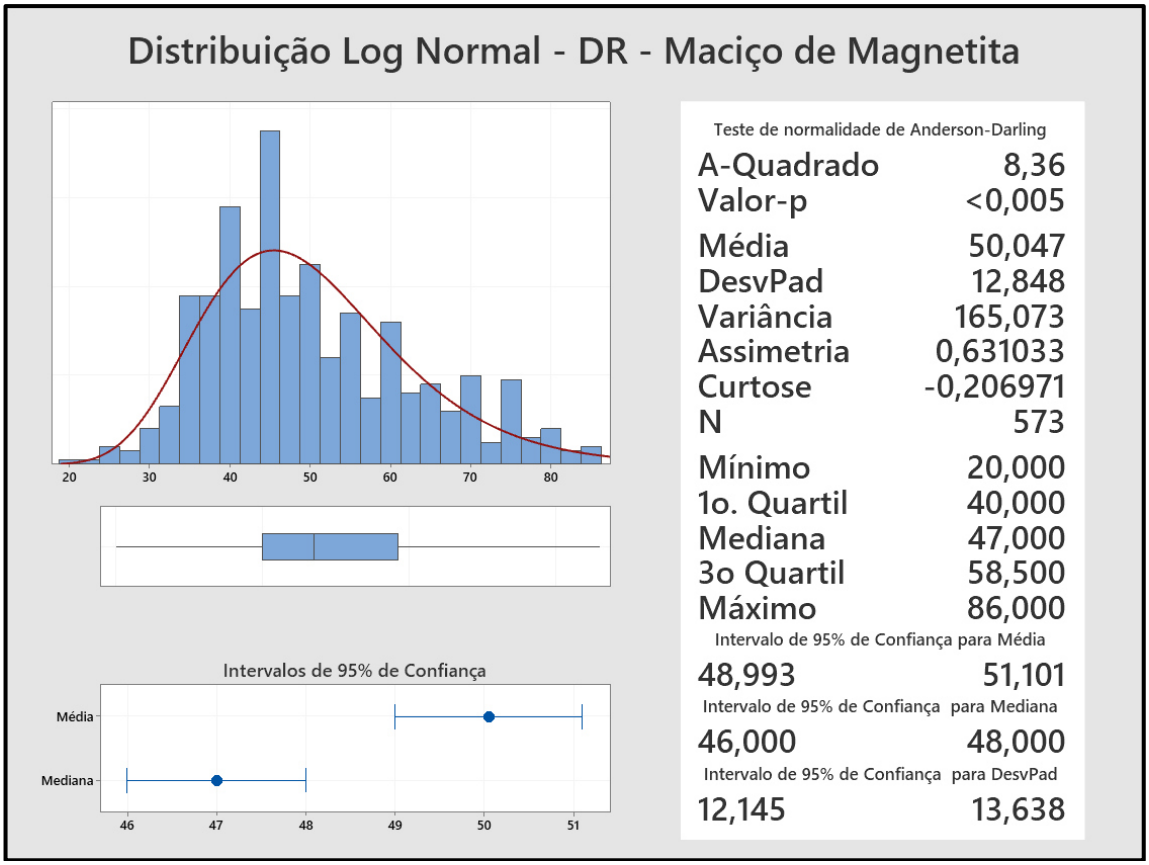


Figura 8.43 – Histograma de distribuição log normal – Densidade Relativa – Maciço de Magnetita.

Os parâmetros de resistência drenada foram estimados com base em correlações empíricas baseadas no $N_{SPT,70}$ e na densidade relativa (DR) calculada a partir dos ensaios de SPT, além das descrições geológico-geotécnicas.

Considerando a base de dados disponível foram realizadas análises estatísticas do $N_{SPT,70}$ e da densidade relativa (DR), adotando-se os valores calculados de média e moda. Sobre estes valores foram aplicadas as metodologias para determinação do ângulo de atrito efetivo, conforme Tabela 8-5 e Tabela 8-6.

Tabela 8-14 – Ângulo de atrito efetivo em função da DR – Rejeito.

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Média (50)	36	36	38	36
Moda (46)	35	35	37	35
Máximo (86)	41	48	42	43

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Mínimo (20)	31	29	34	30
1° Quartil (40)	34	33	36	34

Tabela 8-15 – Ângulo de atrito efetivo em função da $N_{SPT,70}$ – Rejeito.

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de $N_{SPT,70}$						
	Lambe e Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka e Uchida, 1996	Teixeira e Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009
Média (19)	34	36	32	36	34	35	35
Moda (11)	**32**	34	30	33	32	33	32
Máximo (39)	>41	44	44	50	43	41	47
Mínimo (2)	<28	29	28	26	21	24	21
1° Quartil (14)	32	34	30	33	32	33	32

Observa-se uma expressiva dispersão dos valores calculados para o 1° quartil das amostras de SPT pelos diferentes métodos propostos. O ângulo de atrito efetivo variou entre 33° e 36° em função da densidade relativa e entre 30° e 34° em função do $N_{SPT,70}$.

8.3.4.1.3 Ensaios de penetração (CPTu)

Para os ensaios CPTu iremos considerar a correlação proposta por Kulhawy e Mayne (1990), apresentada na Equação 11 indicada a seguir.

$$\emptyset'_{CPTu} = 17{,}6° + 11{,}0x\log(q_{t1}) \qquad \text{Equação 16}$$

O ângulo de atrito efetivo foi então calculado em relação à profundidade do ensaio. Os resultados são apresentados na Figura 8.21, na qual também foi projetado, como referência, o ângulo de atrito calculado pelos ensaios triaxiais (ϕ' = 32° a ϕ' = 37°).

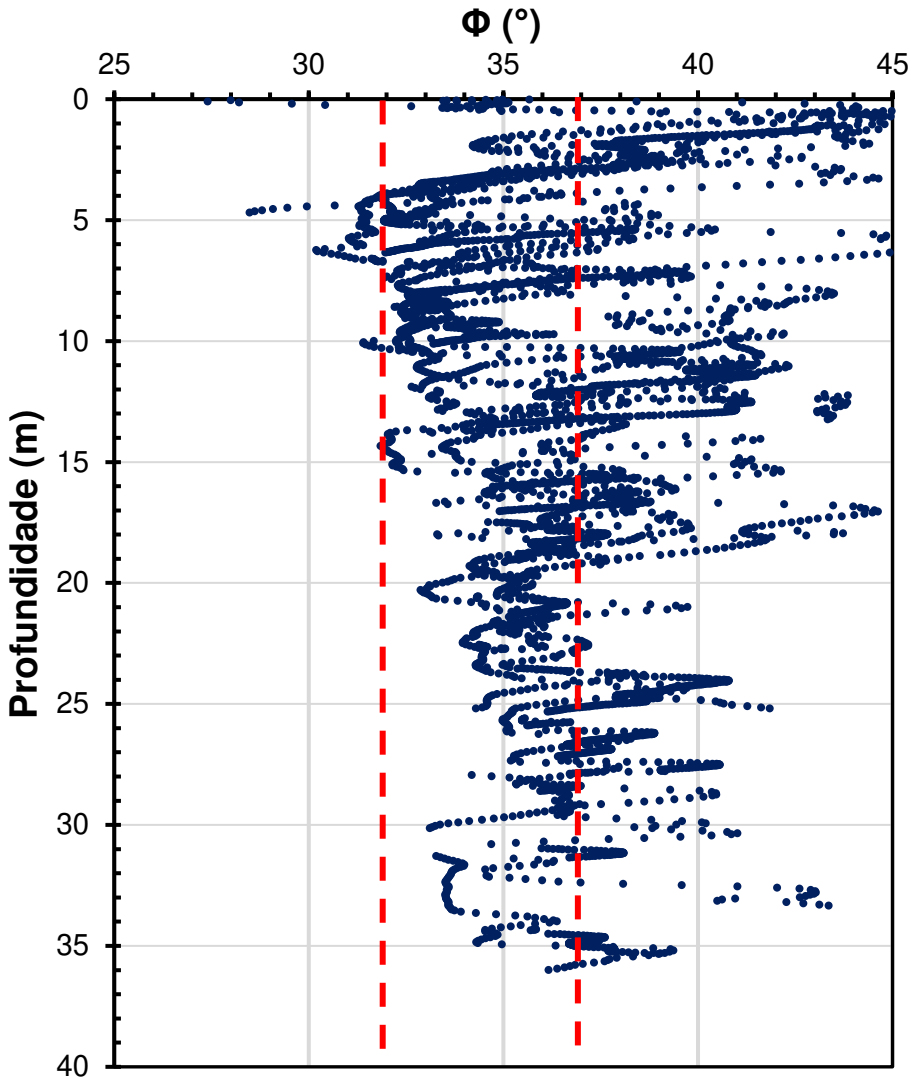


Figura 8.44 – Ângulo de atrito efetivo calculado pela profundidade – Maciço de Magnetita.

As Figura 8.45 e Figura 8.46 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro ângulo de atrito (Φ) do material. O parâmetro variou de 28° a 44°, com uma média de 36°. Foi estabelecido um intervalo de confiança de 95%, sendo que os resultados fora deste intervalo não foram considerados na análise estatística. Observa-se que, para a amostra analisada, no primeiro quartil o ângulo de atrito foi de aproximadamente 34°.

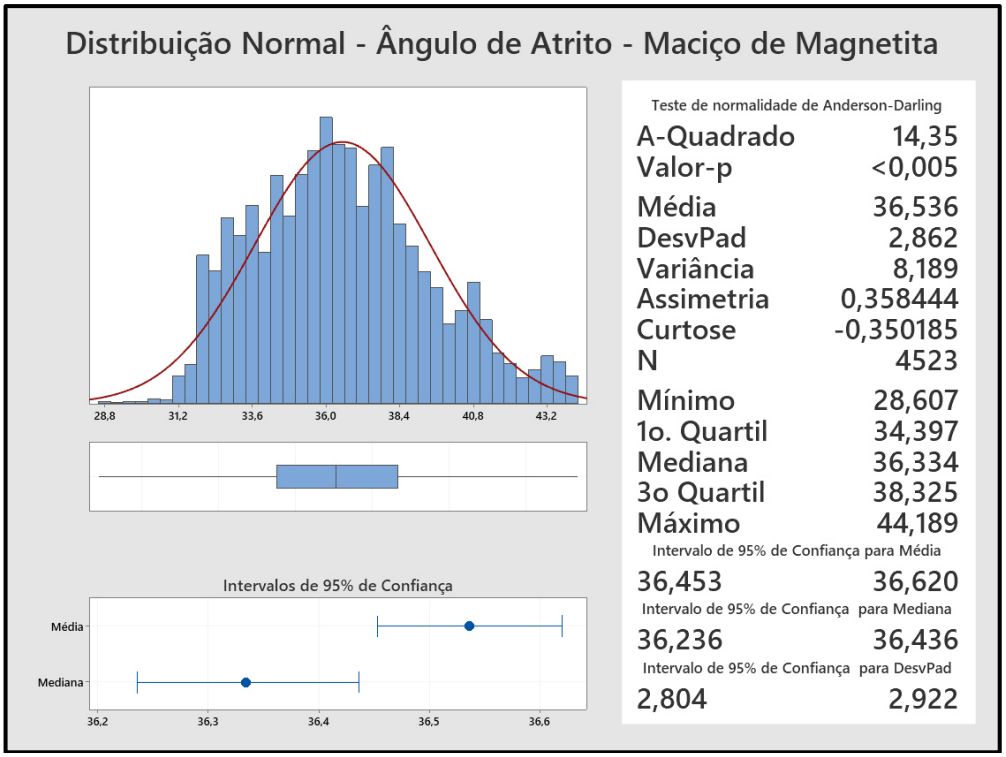


Figura 8.45 – Histograma de distribuição normal – Ângulo de atrito efetivo – Maciço de Magnetita.

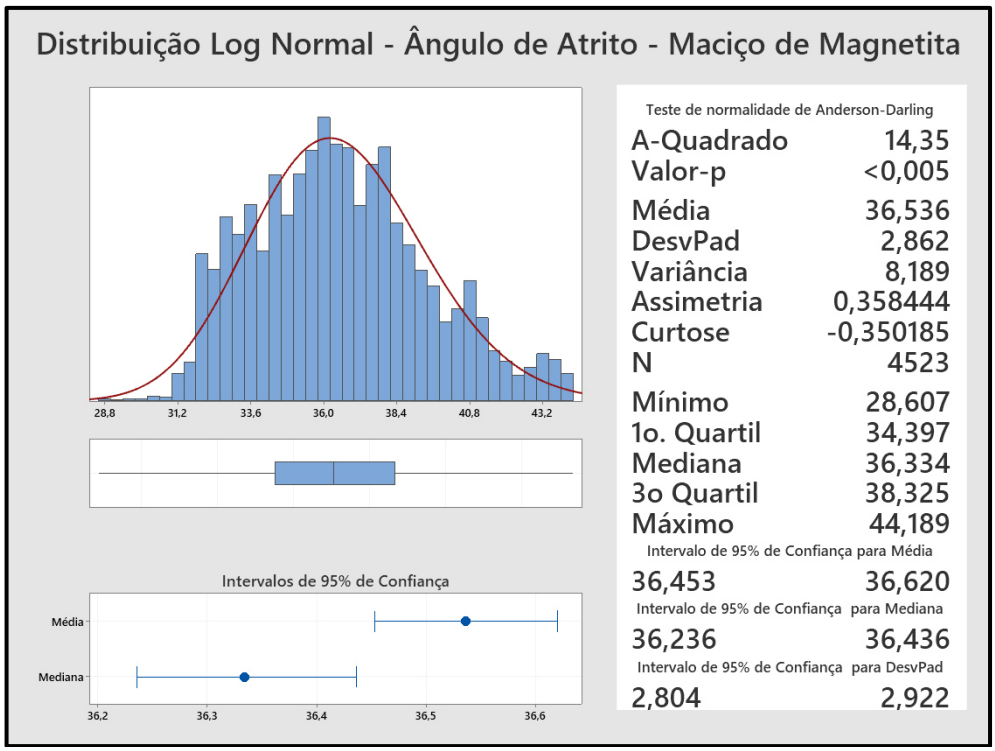


Figura 8.46 – Histograma de distribuição log normal – Ângulo de atrito efetivo – Maciço de Magnetita.

Observa-se uma variação do ângulo de atrito efetivo calculado pelo método de Kulhawy e Mayne (1990) de 28° a 44°. A análise estatística aponta para um valor de 34° para o primeiro quartil da distribuição.

8.3.4.1.4 Determinação dos Parâmetros de Resistência Drenados

Para este projeto, será adotado ângulo de atrito efetivo do maciço de magnetita igual a 34º, correspondente ao valor dentre o primeiro quartil da amostra dos dados dos ensaios CPTu. Este valor encontra-se dentro do intervalo obtido pelos ensaios triaxiais para o ângulo de atrito (ϕ') e para as correlações utilizando ensaios SPT. Para o parâmetro de coesão efetiva será adotado valor de 0 kPa, conforme analisado nos ensaios triaxiais CIU.

8.3.4.2 Resistência Não Drenada

A partir da teoria já explicitada no item 8.2.3.2, serão apresentadas aqui os parâmetros de resistência obtidos para o maciço de magnetita, levando em consideração as metodologias já apresentadas.

8.3.4.2.1 Ensaios de penetração (CPTu)

A seguir, na Figura 8.47, são apresentadas as faixas de variação para a resistência não drenada de pico e liquefeita para o maciço de magnetita da Barragem BR. Observa-se que a faixa foi de 0,23 a 0,31 para a resistência de pico e de 0,05 a 0,15 para a resistência liquefeita.

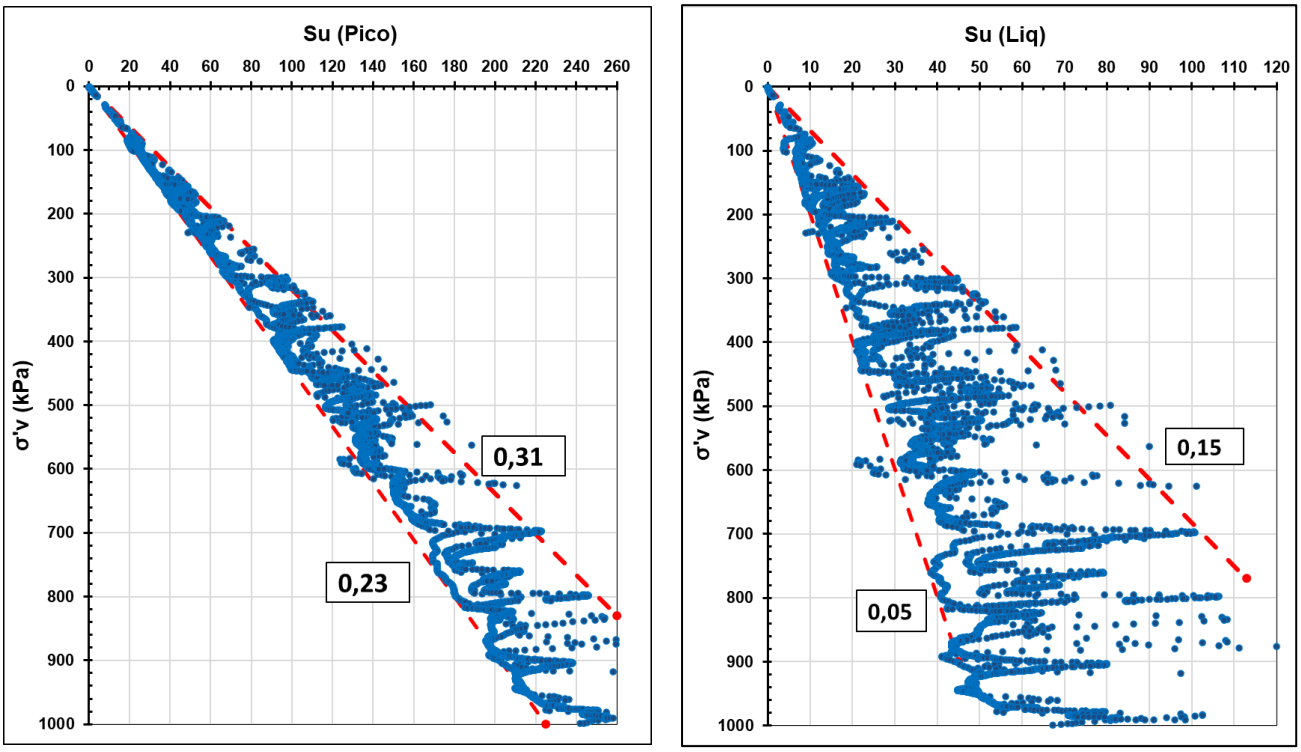


Figura 8.47 - Faixa de variação dos parâmetros de resistência não drenada (pico e liquefeita) para os ensaios de CPTu – Rejeito

Para definição dos valores determinísticos de razão de resistência não drenada (pico e liquefeita) considerando a condição não drenada dos rejeitos (Su / σ'v$_0$), será realizado um tratamento estatístico considerando os resultados dos ensaios CPTu (Figura 8.48 a Figura 8.51).

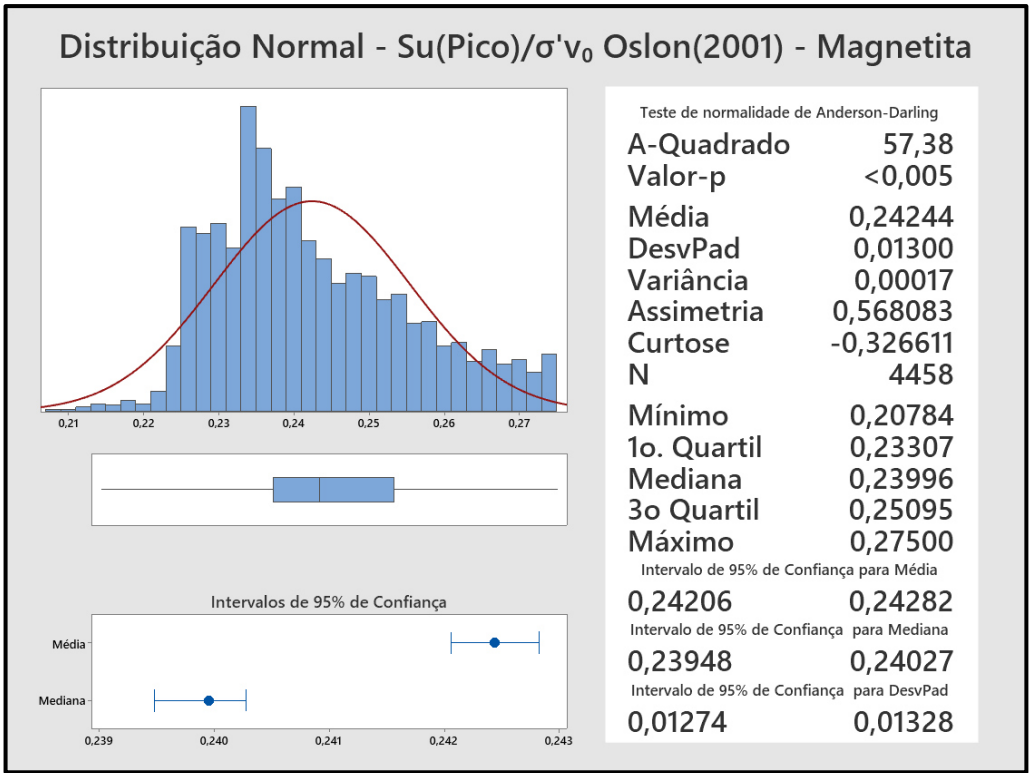


Figura 8.48- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - CPTu – Magnetita

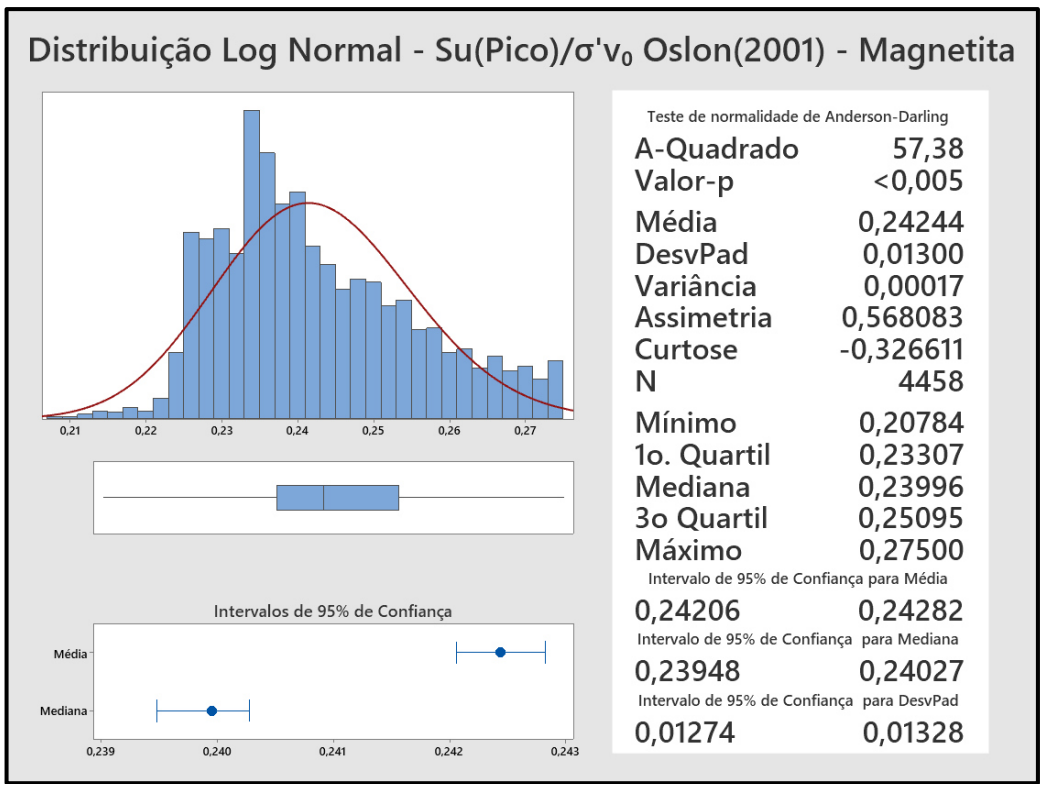


Figura 8.49- Histograma de distribuição log normal - Resistência não drenada (pico) - CPTu – Manetita

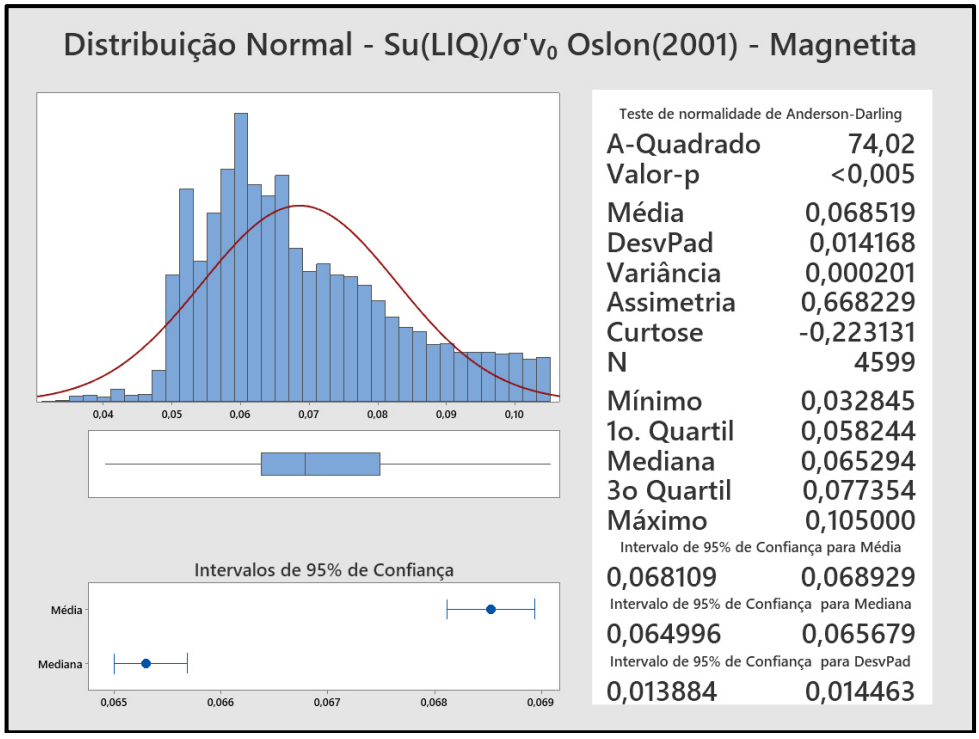


Figura 8.50- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - CPTu – Magnetita

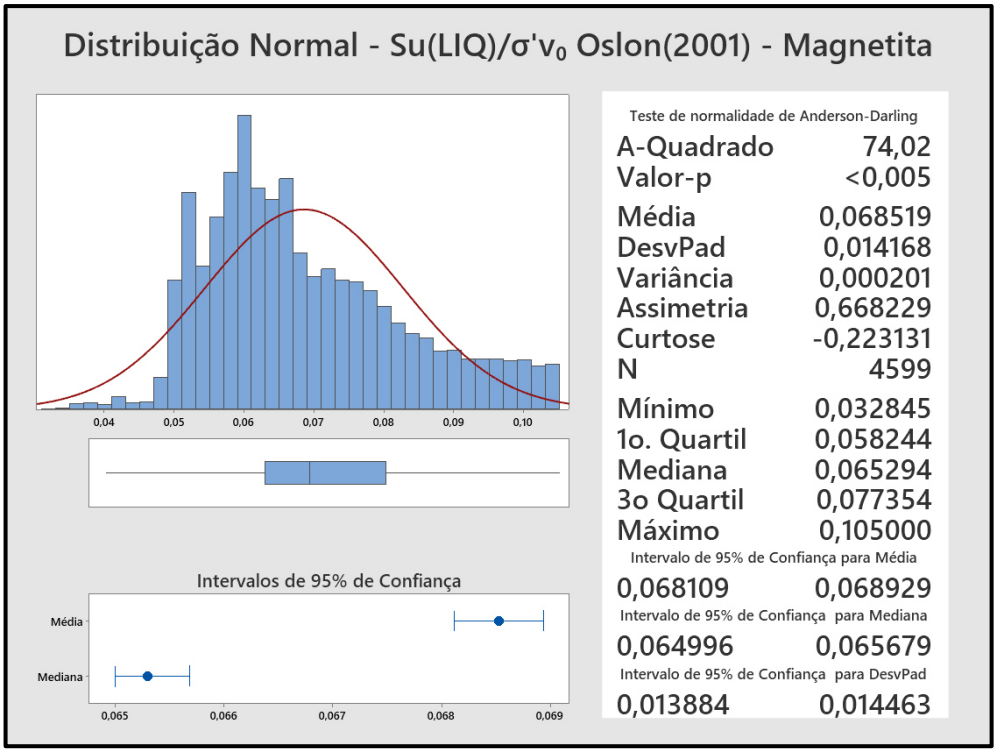


Figura 8.51- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - CPTu – Magnetita

Conforme pode ser observado da Figura 8.48 a Figura 8.51, a faixa de variação da resistência não drenada de pico e liquefeita varia de 0,20 a 0,28 e 0,03 e 0,11, respectivamente.

Após análise estatística, tomando como referência o 1º quartil, a resistência de pico foi determinada em 0,23 e a liquefeita em 0,06.

8.3.4.2.2 Ensaios de penetração (SPT)

Conforme mencionado anteriormente, foi feita uma análise de susceptibilidade à liquefação do rejeito estudado. A partir da metodologia apresentada, parte do material analisado foi considerado susceptível.

A seguir, na Figura 8.52, são apresentadas as faixas de variação para a resistência não drenada de pico e liquefeita para o rejeito disposto no reservatório da Barragem Forquilha III. Observa-se que a faixa foi de 0,24 a 0,30 para a resistência de pico e de 0,07 a 0,12 para a resistência liquefeita.

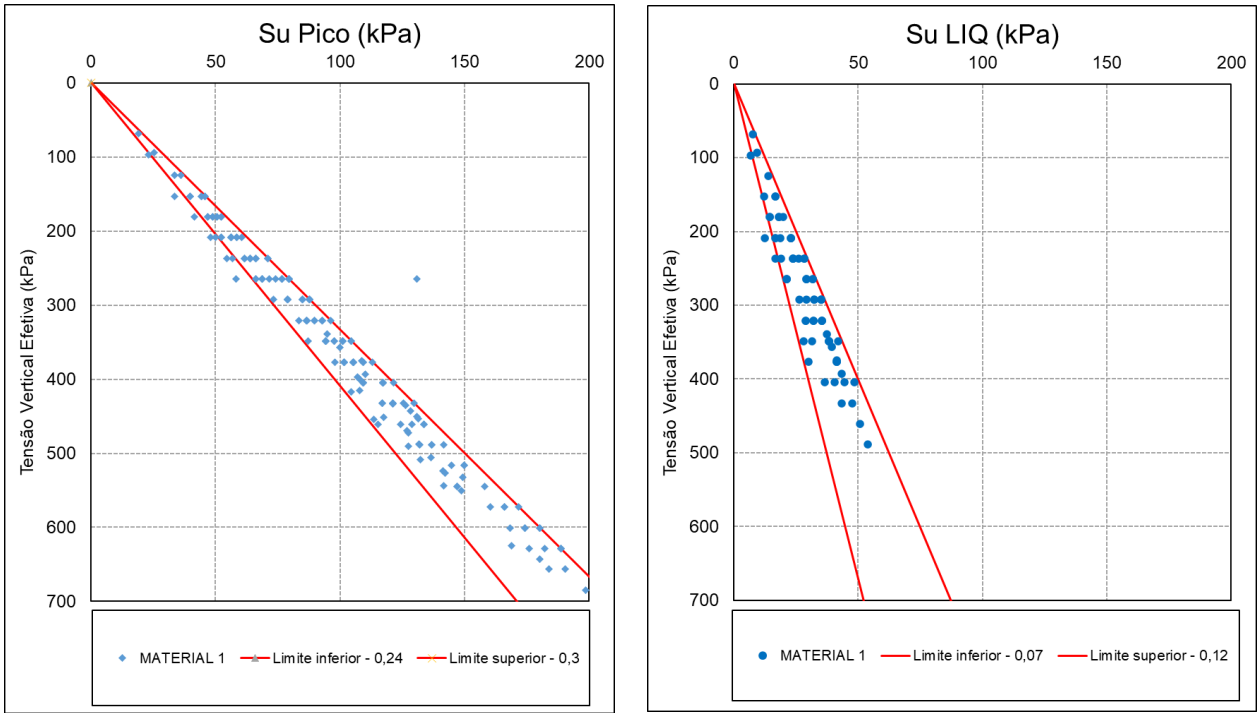


Figura 8.52 – Faixa de variação dos parâmetros de resistência não drenada (pico e liquefeita) para os ensaios de SPT – Rejeito.

Para definição dos valores determinísticos de razão de resistência não drenada (pico e liquefeita) considerando a condição não drenada dos rejeitos (Su / $\sigma'v_0$), será realizado um tratamento estatístico considerando os resultados dos ensaios SPT (Figura 8.53 a Figura 8.54).

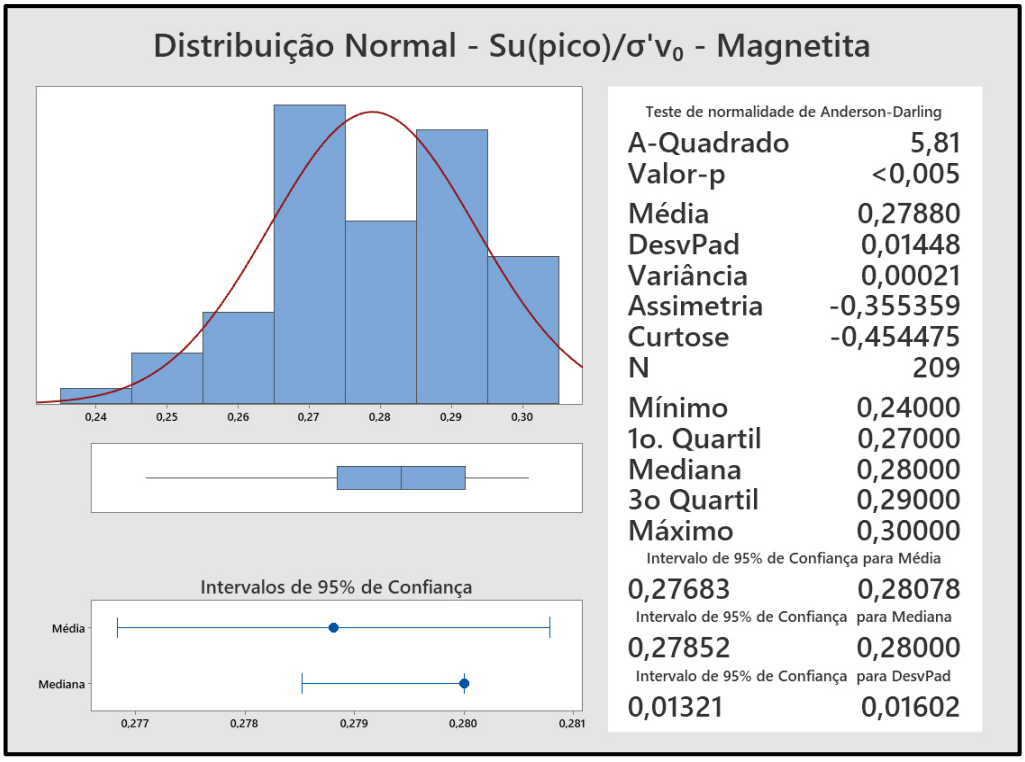


Figura 8.53- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (pico) - SPT – Rejeito

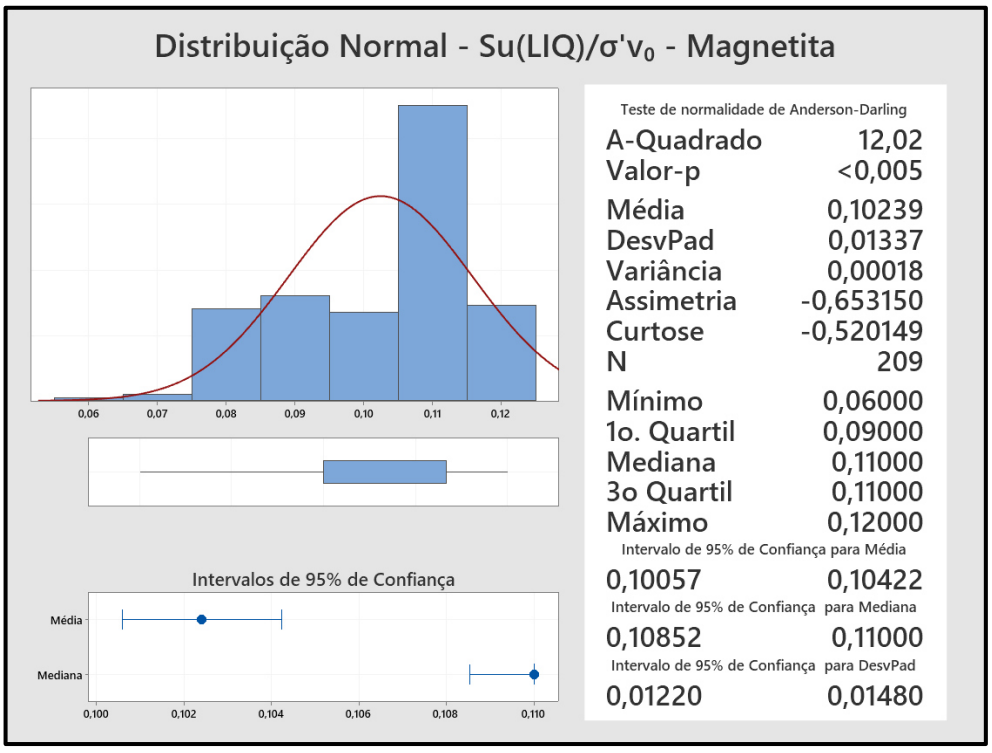


Figura 8.54- Histograma de distribuição normal - Resistência não drenada (liquefeita) - SPT – Rejeito

Conforme pode ser observado da Figura 8.53 a Figura 8.54, a faixa de variação da resistência não drenada de pico e liquefeita varia de 0,24 a 0,30 e 0,06 e 0,12, respectivamente.

Após análise estatística, tomando como referência o 1º quartil, a resistência de pico foi determinada em 0,27 e a liquefeita em 0,09.

8.3.4.2.3 Determinação dos Parâmetros de Resistência Não Drenados

Para este projeto, será adotada razão de resistência não drenada de pico igual a 0,23, valor obtido a partir das análises dos dados dos ensaios CPTu correspondente ao primeiro quartil das análises. A razão de resistência não drenada liquefeita adotada foi de 0,06, valor obtido para o 1° quartil das análises de CPTu.

8.3.5 Parâmetros de Permeabilidade

O parâmetro de permeabilidade do maciço de magnetita foi analisado considerando os ensaios SPT, de laboratório e CPTu, conforme descritos a seguir:

Nas campanhas de ensaios realizada pela Pattrol em 2014 e 2018, observou-se que alguns furos de sondagen foram executados no maciço. Os ensaios de infiltração realizados nestes furos indicaram um coeficiente de permeabilidade médio de 2,95 x 10^{-5} m/s. A Tabela 8-16 e Tabela 8-17 apresentam os resultados dos ensaios de infiltração realizados nesses furos.

Tabela 8-16 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios infiltração no maciço (Pattrol, 2014).

Campanha	Código do furo	Resultados – k (cm/s) Trechos Ensaiados (m)							K médio (m/s)
		0,0 a 5,0	**2,0 a 5,0**	**2,0 a 7,25**	**5,0 a 7,4**	**7,0 a 10,0**	**12,0 a 15,0**	**17,0 a 20,0**	
Pattrol 2014	SP 01	-	-	-	-	2,33E-05	-	-	2,33E-05
	SP 13A		7,10E-05			5,58E-05	3,68E-05	2,27E-05	4,66E-05
	SP 18		7,75E-05			3,17E-05	1,86E-05	2,12E-05	3,73E-05
	SP 22		5,11E-05			2,66E-05	3,12E-05	2,39E-05	3,32E-05

Tabela 8-17 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios infiltração no maciço (Pattrol, 2018).

Campanha	Código do furo	Resultados – k (cm/s) Trechos Ensaiados (m)				K médio (m/s)
		13,50 a 14,50	**16,0 a 17,0**	**16,50 a 17,50**	**19,0 a 20,0**	
Pattrol 2018	SM 01	-	-	1,77E-05	1,61E-05	1,69E-05
	SM 03	2,37E-05	1,52E-05	-	-	1,95E-05

Na campanha de 2014 da Pattrol foram coletadas amostras para ensaios de laboratório, sendo que 2 das amostras retiradas no maciço foram utilizadas para ensaios de permeabilidade. A Tabela 8-18 resume os resultados obtidos. A média dos resultados foi de 3,89 x 10^{-5} m/s.

Tabela 8-18 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de laboratório no rejeito – Pattrol 2014

Amostra	Prof. (m)	Tipo de amostra	k (cm/s)	k (m/s)
PI - 04	1,20 a 1,50	Amostra indeformada	3,06E-03	3,06E-05
PI - 05	1,20 a 1,50	Amostra indeformada	4,71E-03	4,71E-05

Em 2019, nas sondagens CPTu realizadas pela Pattrol e Damasco Penna, foram realizados ensaios de dissipação em todos os furos. Alguns ensaios foram descartados, pois as curvas não estavam condizentes com os mesmos. Os resultados estão indicados na Tabela 8-19. A média dos resultados foi de 4,99 x 10^{-5} m/s

Tabela 8-19 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de dissipação – Pattrol 2019 e Damasco Penna 2019

Campanha	Código do furo	Profundidade da leitura (m)	Leitura k (cm/s)	Leitura k (m/s)
Pattrol 2019	CPTu-03	17,95	1,78 x 10^{-6}	1,78 x 10^{-8}
	CPTu-03	19,95	1,92 x 10^{-4}	1,92 x 10^{-6}
	CPTu-03	28,00	-	-
	CPTu-03	31,05	-	-
	CPTu-04	14,85	1,91 x 10^{-6}	1,91 x 10^{-8}
	CPTu-04	18,90	3,51 x 10^{-8}	3,51 x 10^{-8}
	CPTu-04	21,90	-	-
	CPTu-04	25,20	7,65 x 10^{-3}	7,65 x 10^{-5}
	CPTu-05	11,90	-	-
	CPTu-05	13,30	1,10 x 10^{-1}	1,10 x 10^{-3}
	CPTu-05	8,90	5,84 x 10^{-6}	5,84 x 10^{-8}
	CPTu-06	33,25	4,66 x 10^{-4}	4,66 x 10^{-6}
	CPTu-06	36,20	-	-
	CPTu-07	17,85	-	-
	CPTu-07	19,45	-	-

Campanha	Código do furo	Profundidade da leitura (m)	Leitura k (cm/s)	Leitura k (m/s)
Damasco Penna 2019	CPTu-03	29,82	1,72 x 10^{-5}	1,72 x 10^{-7}
	CPTu-03	32,80	1,58 x 10^{-4}	1,58 x 10^{-6}
	CPTu-03	35,40	-	-

Além disso, pode ser feita a interpretação do coeficiente de permeabilidade a partir dos resultados de resistência de ponta do cone. As médias dos coeficientes de permeabilidade para cada furo estão indicadas na Tabela 8-20. A média geral calculada é de 1,58 x 10^{-4} m/s.

Tabela 8-20 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de dissipação – Pattrol, 2019

Campanha	Código do furo	k médio (cm/s)	K médio (m/s)
Pattrol (2019)	CPTu-03	3,32 x 10^{-3}	3,32 x 10^{-5}
	CPTu-04	1,05 x 10^{-2}	1,05 x 10^{-4}
	CPTu-05	4,32 x 10^{-2}	4,32 x 10^{-4}
	CPTu-06	8,70 x 10^{-3}	8,70 x 10^{-5}
	CPTu-07	2,74 x 10^{-2}	2,74 x 10^{-4}
Damasco Penna (2019)	CPTu-03	1,45 x 10^{-3}	1,45 x 10^{-5}

Observa-se alta dispersão nos valores de permeabilidade encontrados, variando desde de 10^{-4} m/s a 10^{-8} m/s. Com isso, a determinação destes parâmetros e da anisotropia dos materiais só será possível durante a calibração realizada no projeto detalhado a partir de modelos numéricos, e balizados pelos dados de instrumentação existente no maciço.

8.3.6 Reforço de Magnetita

Para o reforço de magnetita projetado pela Walm e executado em 2019 serão adotados os mesmos parâmetros do Maciço de Magnetita levantados e consolidados neste relatório, uma vez que até a data de emissão inicial deste relatório, não foram recebidos os dados de resistência, tampouco os dados de controle tecnológico deste reforço.

8.4 MACIÇO INICIAL (SOLO COMPACTADO)

Para o maciço inicial de solo compactado será adotado parâmetros de ensaios com base na experiência da projetista, uma vez que não há sondagens suficientes para estimar os parâmetros do material ali presente.

8.5 FUNDAÇÃO

Para a caracterização da fundação foram utilizados dados não só de investigações de campo, sondagens SPT e mista, como também ensaios de laboratório, conforme descritos a seguir:

- SPT e Sondagem Mista
  - Campanha de 30 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2014;
  - Campanha de 6 sondagens a percussão realizadas pela Pattrol em 2019;
  - Campanha de 4 sondagens mistas realizadas pela Pattrol em 2018 (PAT-RT-OSS.063-SOND-2018);
  - Campanha de 7 sondagens mistas realizadas pela Pattrol em 2019 (PAT-RT-SOND-148-2019-REV02 e PAT-RT-SOND.131-2019);

- Ensaios triaxiais
  - Foram consideradas nesta análise 5 amostras do tipo indeformada, sendo estas PI06, PI07, PI08, PI09 E PI10.
  - Os ensaios triaxiais foram executados com cisalhamento não drenado. Antes do cisalhamento, as amostras foram adensadas isotropicamente (CIU).

8.5.1 Caracterização Física

Para a caracterização física do maciço de magnetita foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) em um total de duas amostras, sendo estas, as amostras PI04 e PI05, conforme apresentado na Tabela 8-21. Pode se observar que massa específica dos sólidos para o solo ficou entre 2,67 e 2,80 g/cm³, valores estes correspondentes a este tipo de material. Com relação ao peso específico saturado, a variação se deu de 14,38 a 18,67 kN/m³. Observa-se ainda que o índice de vazios sofreu grande variação entre as amostras, estando ainda o teor de umidade variando de 22,1 a 30%.

Tabela 8-21 – Resumo dos resultados de caracterização física do maciço de magnetita.

Amostra	Prof. (m)	$\gamma nat^{(5)}$ (kN/m³)	$w^{(4)}_{nat}$ (%)	$\gamma d^{(1)}$ (kN/m³)	$e_{nat}^{(2)}$	δ (g/cm³)	$\gamma_{sat}^{(3)}$ (kN/m³)	Granulometria					
								Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-06	2,15 a 2,45	14,51	26,7	11,45-	0,90	2,80	18,67	35,3	41,7	13,9	3,6	2,3	3,2

Amostra	Prof. (m)	γnat(5) (kN/m³)	w(4)nat (%)	γd (1) (kN/m³)	enat(2)	δ (g/cm³)	γsat(3) (kN/m³)	Granulometria					
								Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-07	2,15 a 2,45	11,59	22,1	9,49	1,31	2,72	14,38	14,4	53,4	21,3	3,4	1,6	2,8
PI-08	2,15 a 2,45	12,04	24,2	9,69	1,18	2,67	15,21	30,4	29,6	16,7	8,8	3,2	11,3
PI-09	1,15 a 1,45	11,31	28,3	8,81	1,45	2,79	14,61	39	31,1	16,9	6,7	2,2	4,1
PI-10	2,15 a 2,45	13,33	30,0	10,25	1,05	2,78	17,63	18,5	40,9	19,2	15	5,5	1

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat}/ (1+w_{nat})$;
(2) e_{nat} obtido dos corpos de prova dos ensaios triaxiais
(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1+w_{nat})/(1+e)$
(4) Teor de umidade natural "*In Situ*"
(5) Peso específico natural obtido dos corpos de prova dos ensaios triaxiais

A partir dos ensaios de granulometria, observou-se que o terreno natural é composto por material que varia de silto-areno-argiloso a argila silto arenosa com pequenas quantidades de pedregulhos, como pode ser observado na Tabela 8-21 e na Figura 8.55.

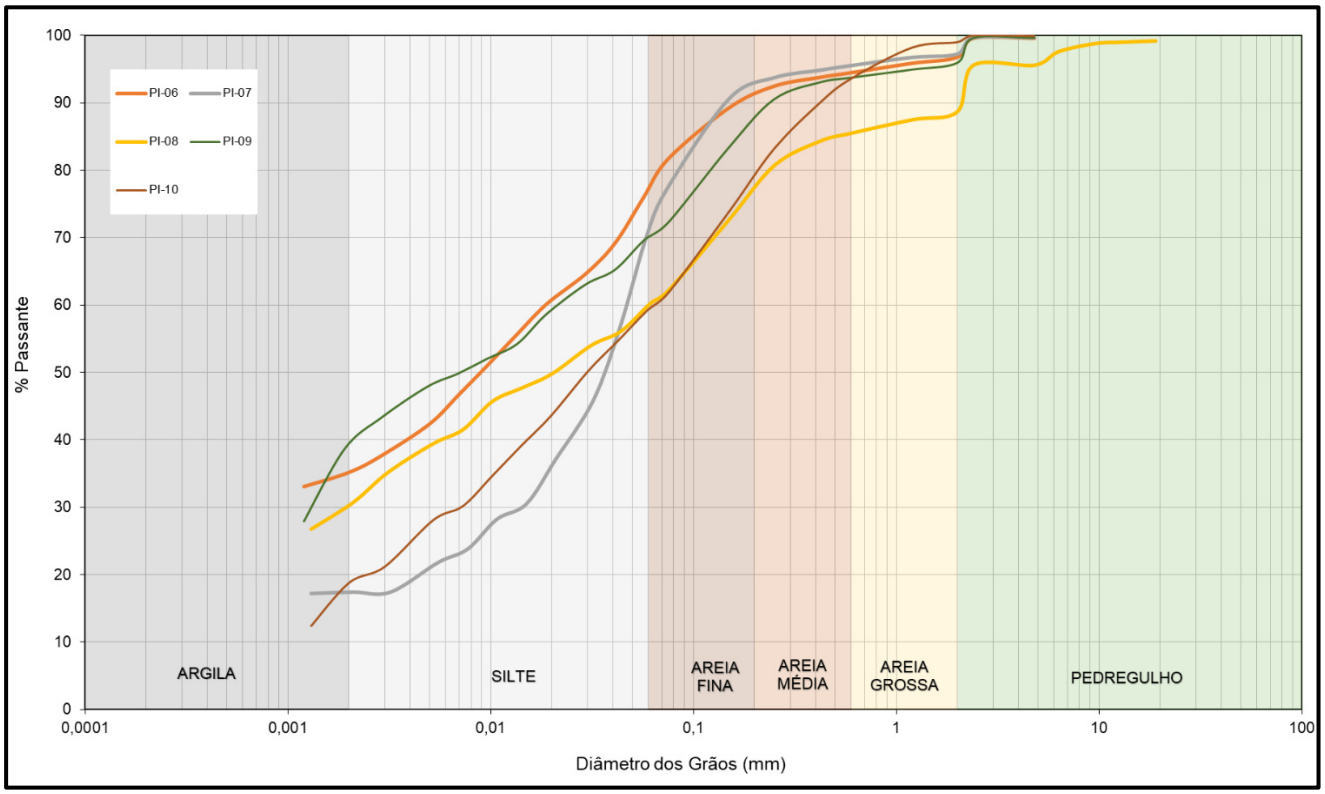


Figura 8.55 - Curvas granulométricas da fundação

8.5.2 Parâmetros de Resistência

Serão apresentadas a seguir os parâmetros de resistência obtidos na condição drenada utilizando os dados de ensaios triaxiais e SPT.

8.5.2.1 Ensaios Triaxiais CIU

Para auxiliar na definição dos parâmetros de resistência da fundação, foram analisados os ensaios triaxiais CIU realizados nas amostras PI06, PI07, PI08, PI09 e PI10 da campanha Pattrol 2014.

Conforme resumido na Tabela 8-22, foram analisados os ensaios triaxiais CIU de 5 (cinco) amostras indeformadas coletadas na ombreira esquerda e à jusante da Barragem BR. As amostras foram coletadas nas profundidades de 1,15 m a 2,45 m, correspondendo ao solo residual ali presentes.

Tabela 8-22 Resumo dos ensaios triaxiais não drenados e respectivas amostras.

Código	Ponto de Coleta	Prof. (m)	Tipo	Ensaio
PI-06	Ombreira Esquerda	2,15 a 2,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)
PI-07	Ombreira Esquerda	2,15 a 2,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)
PI-08	Ombreira Esquerda	2,15 a 2,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)
PI-09	Ombreira Esquerda	1,15 a 1,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)
PI-10	Jusante	2,15 a 2,45	Indeformada (Bloco)	CIU (50; 100; 200; 400)

- Trajetória de Tensões

Os resultados dos triaxiais foram compilados no plano de tensões t’ x s’, procurando-se agrupar as amostras retiradas em profundidades semelhantes e com a mesma classificação granulométrica:

Nesse sentido, as Figura 8.56 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-06, no plano t' x s’. a Figura 8.60 apresentam a variação ϕ’ e c’ para as amostras PI-06, PI-07, PI-08, PI-09 e PI-10 ensaidas na ombreira e à jusante da Barragem BR.

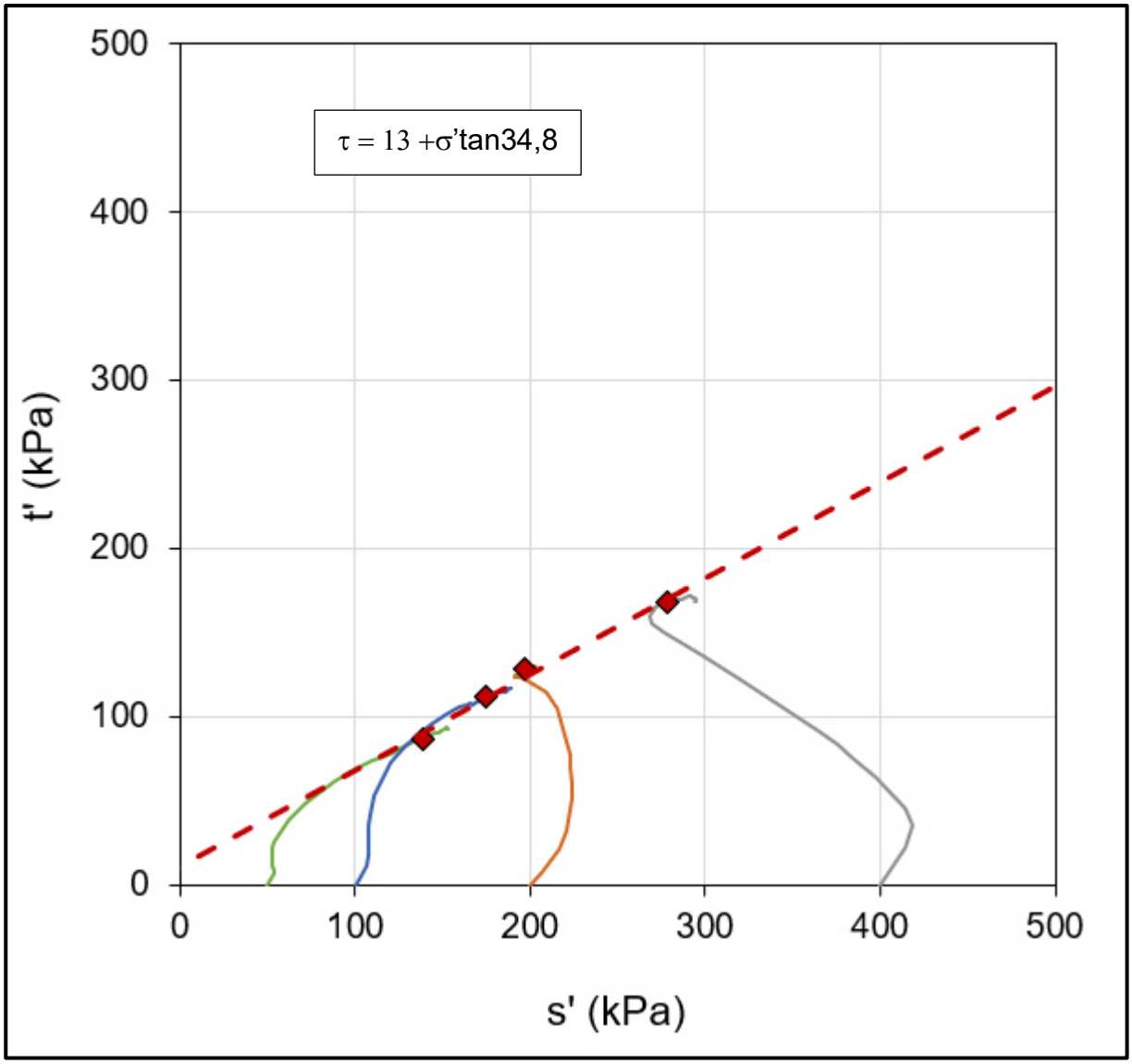


Figura 8.56 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-06, no plano t' x s'.

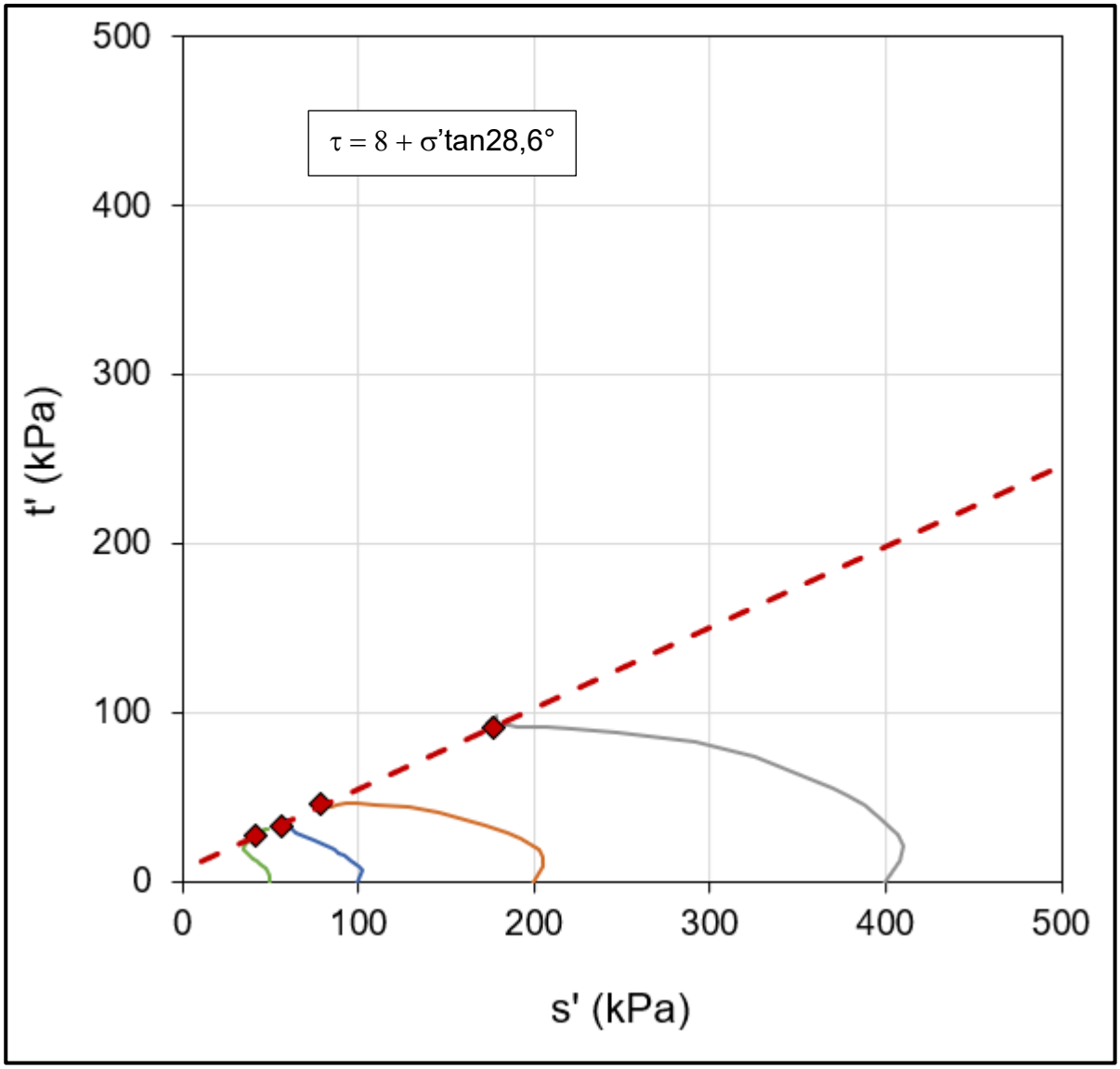


Figura 8.57 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-07, no plano t' x s'.

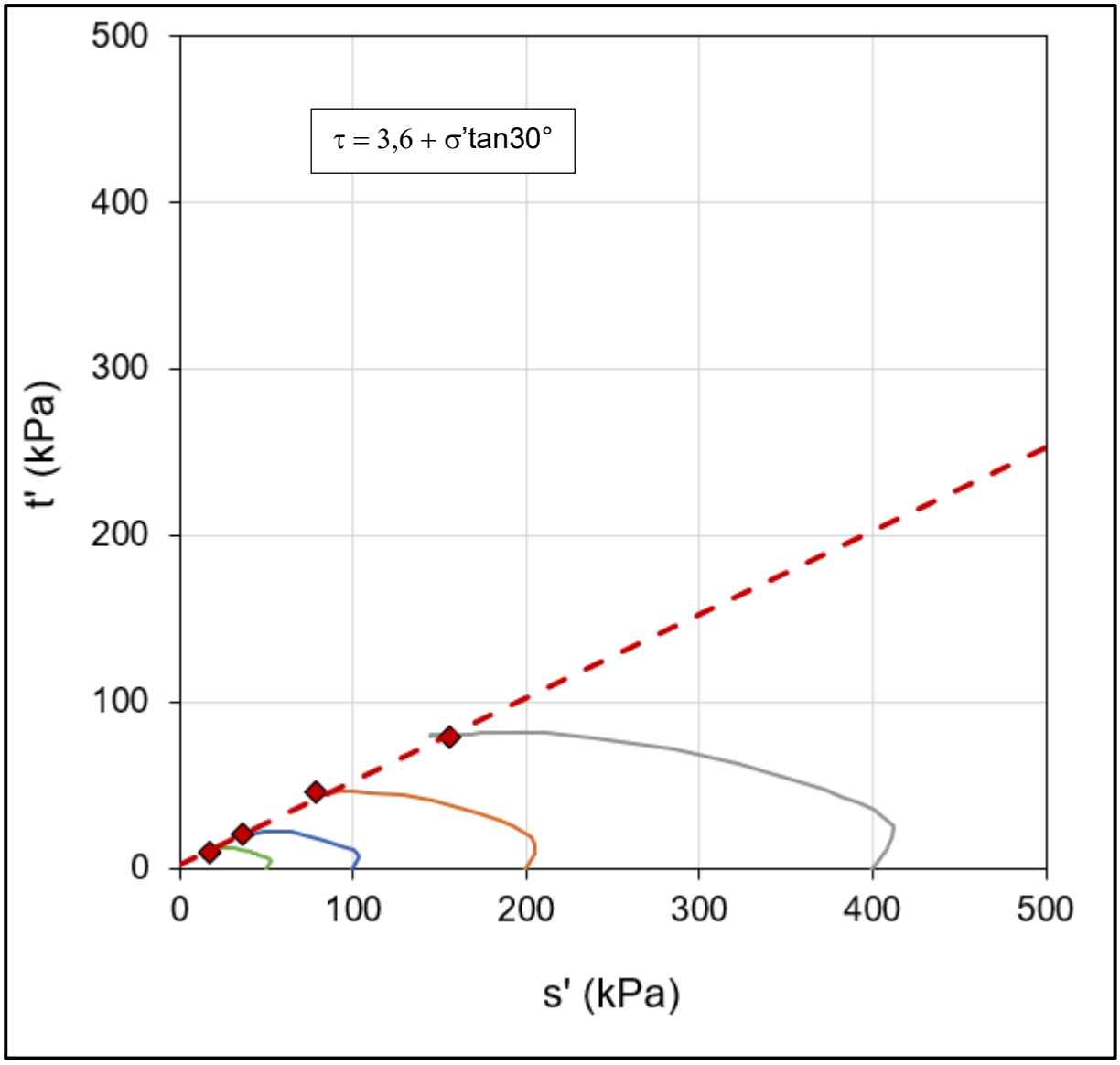


Figura 8.58 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-08, no plano t' x s'.

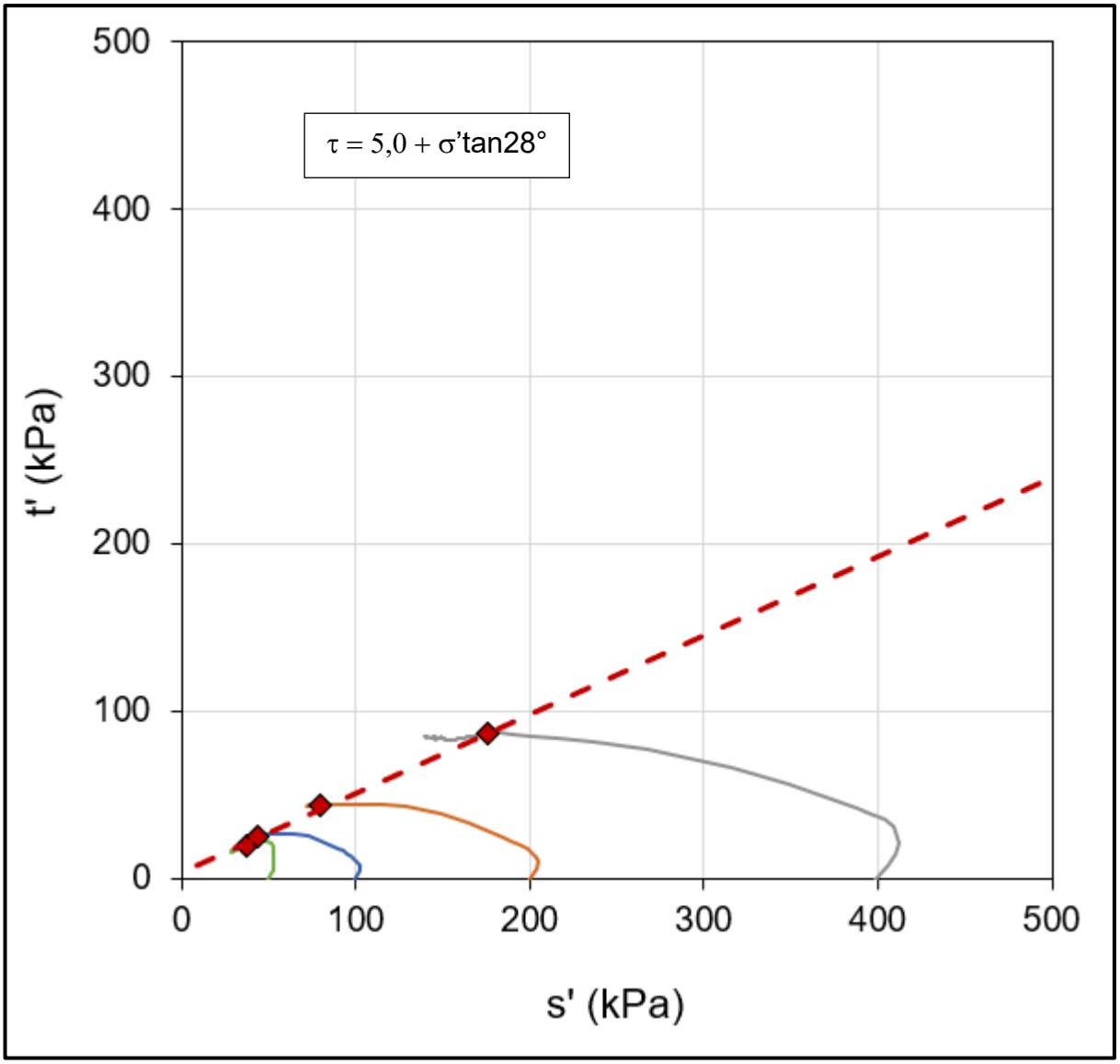


Figura 8.59 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-09, no plano t' x s'.

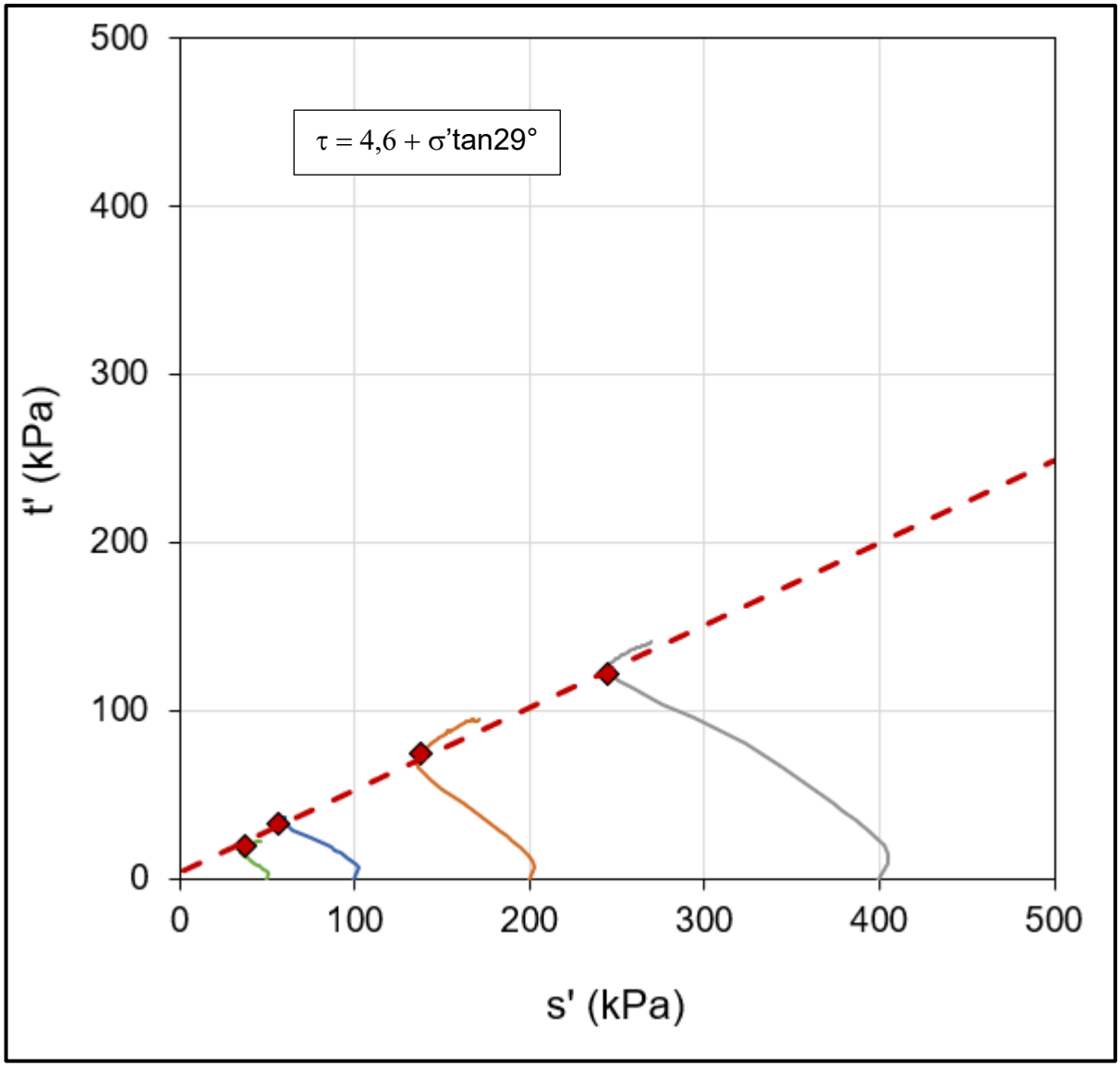


Figura 8.60 – Trajetória de Tensões Efetivas - Amostra PI-10, no plano t' x s'.

Observa-se que, a partir das curvas analisadas, foi obtido ângulo de atrito efetivo de pico entre 28° e 34,8° e intercepto coesivo entre 3,6 e 13 kPa para a fundação da barragem BR.

8.5.2.2 Ensaios de penetração (SPT)

Considerando todas as campanhas, um total de 46 furos interceptaram solos compatíveis aos da fundação da barragem BR, sendo que os valores de N_{SPT70} variaram de 2 a 49 golpes, com uma média de 23 golpes.

A Figura 8.61 apresenta o histograma de distribuição normal para os dados obtidos de todas as sondagens à percussão e mista realizadas em solos compatíveis aos da fundação da barragem BR. A Figura 8.62 indica a distribuição log normal para os mesmos dados.

Foi definido um intervalo de confiança de 95% e, assim, foram excluídos os dados que estavam fora deste intervalo. Sendo assim, os valores de N_{SPT} da série considerada variam de 2 a 49 golpes. O primeiro quartil da distribuição amostral foi de 12 golpes, sendo este um valor que pode ser utilizado para calcular os parâmetros de resistência de maneira conservadora.

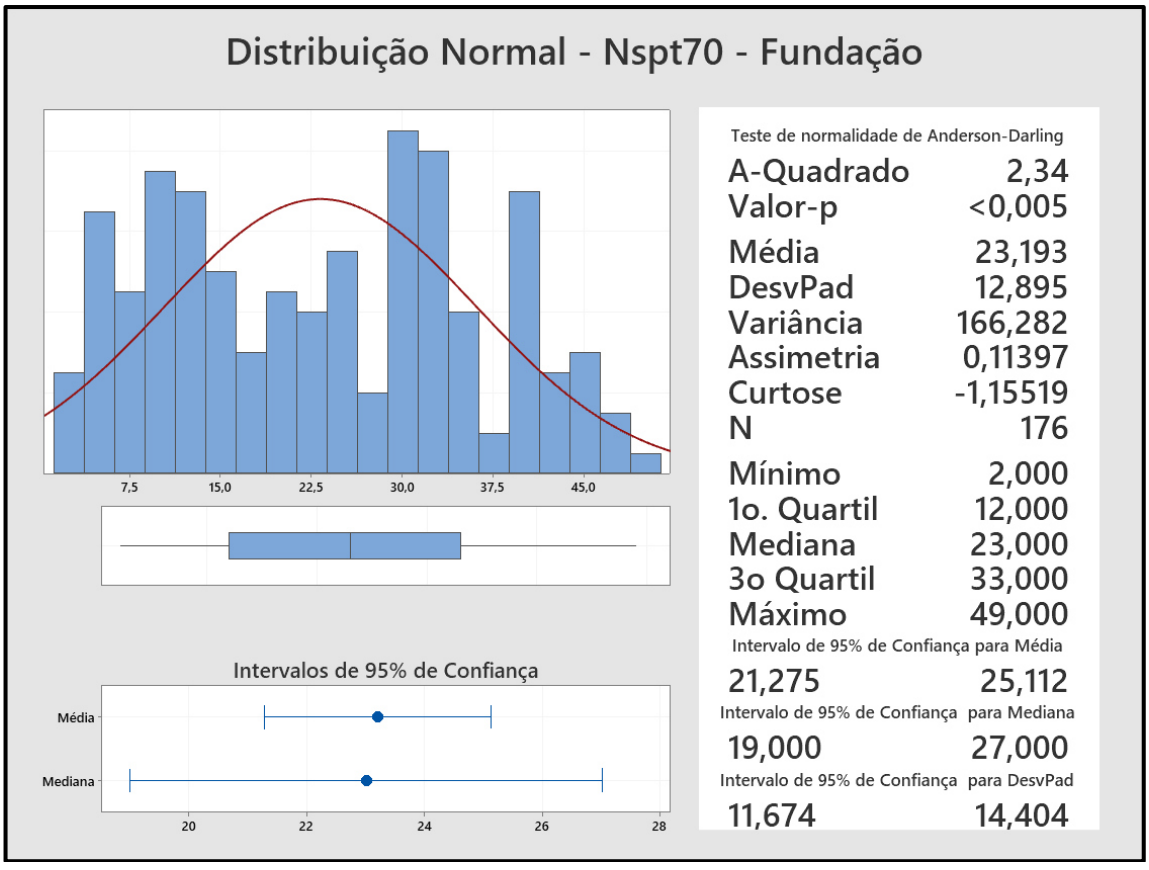


Figura 8.61 – Histograma de distribuição normal – NSPT – Fundação.

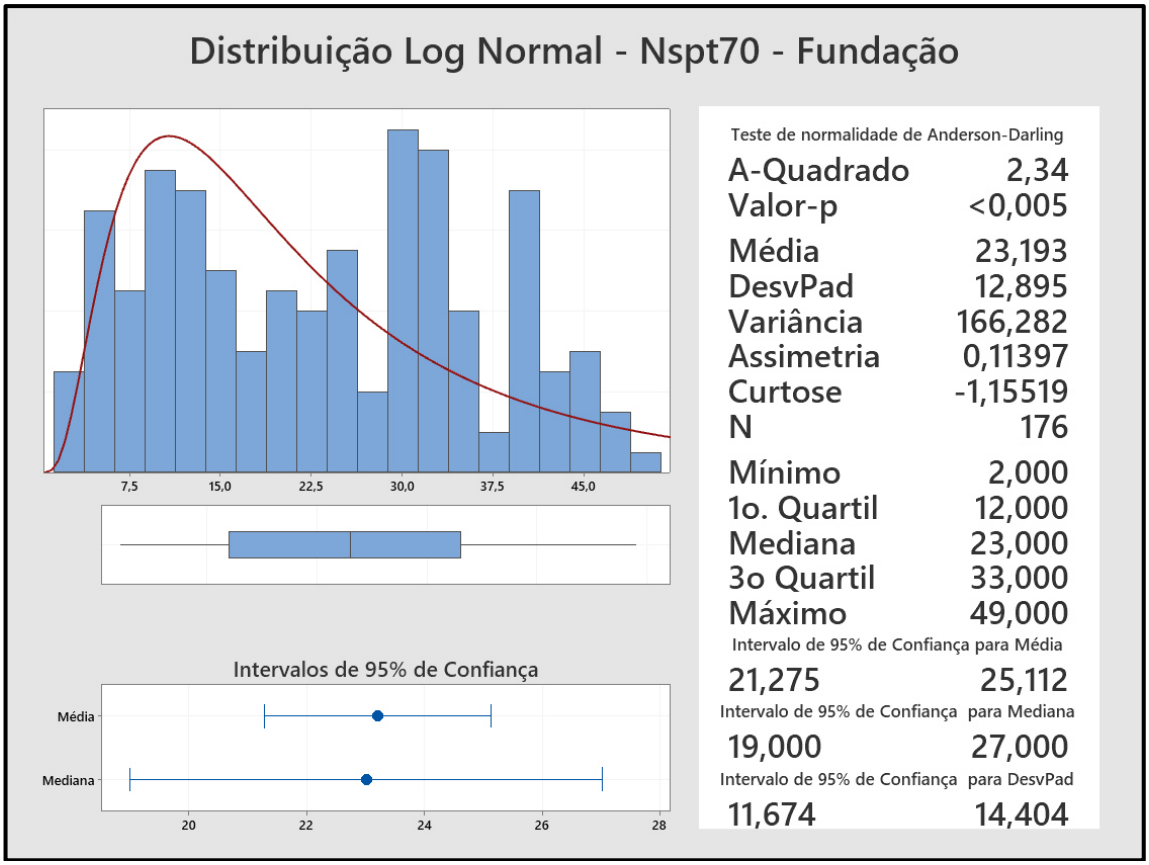


Figura 8.62 – Histograma de distribuição log normal – NSPT – Fundação.

As Figura 8.63 e Figura 8.64 indicam os histogramas de distribuição normal e log normal para o parâmetro Densidade Relativa (DR) do material. Observa-se que a densidade relativa variou de 26 a 100, com uma média de de 75.

A Densidade Relativa foi calculada pois, conforme será abordado no item seguinte, algumas correlações para definição do ângulo de atrito do rejeito são baseadas neste parâmetro. Sendo assim, foi feito o mesmo tratamento estatístico utilizado nos valores de N_{SPT}.

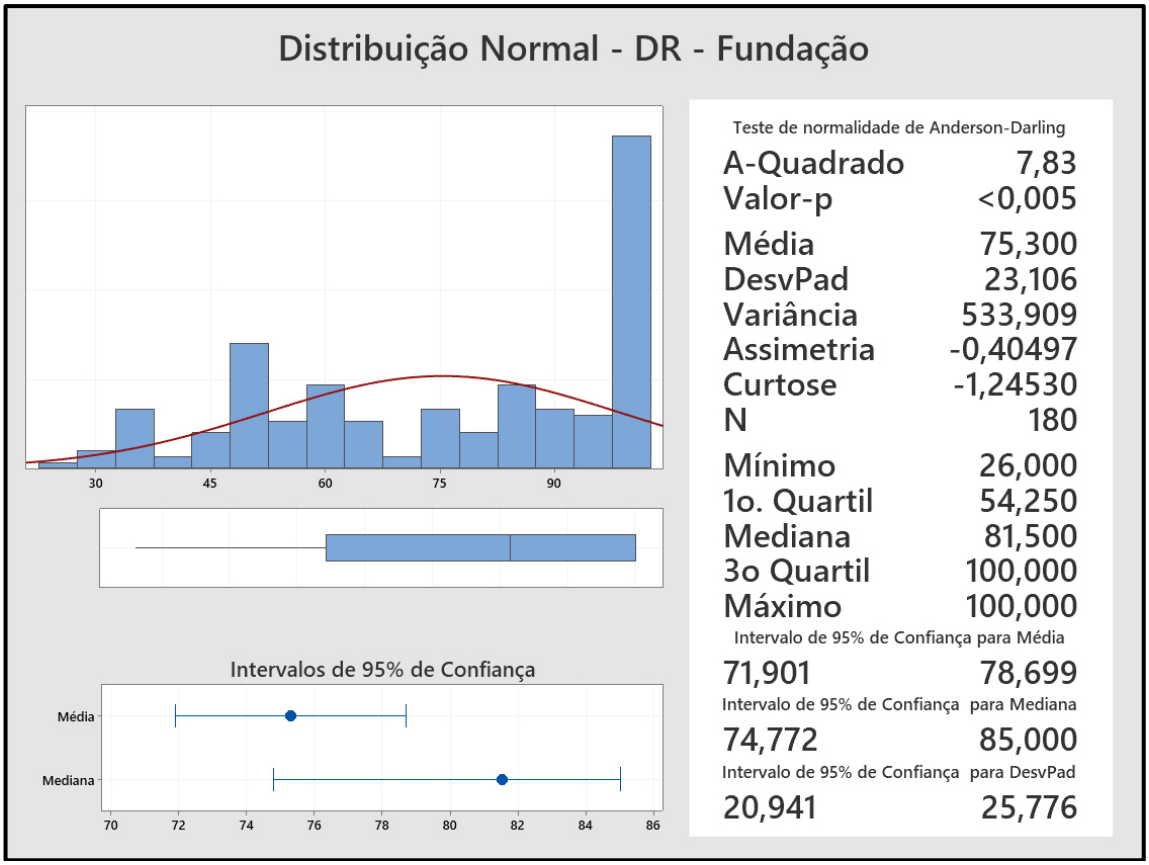


Figura 8.63 – Histograma de distribuição normal – Densidade Relativa – Fundação.

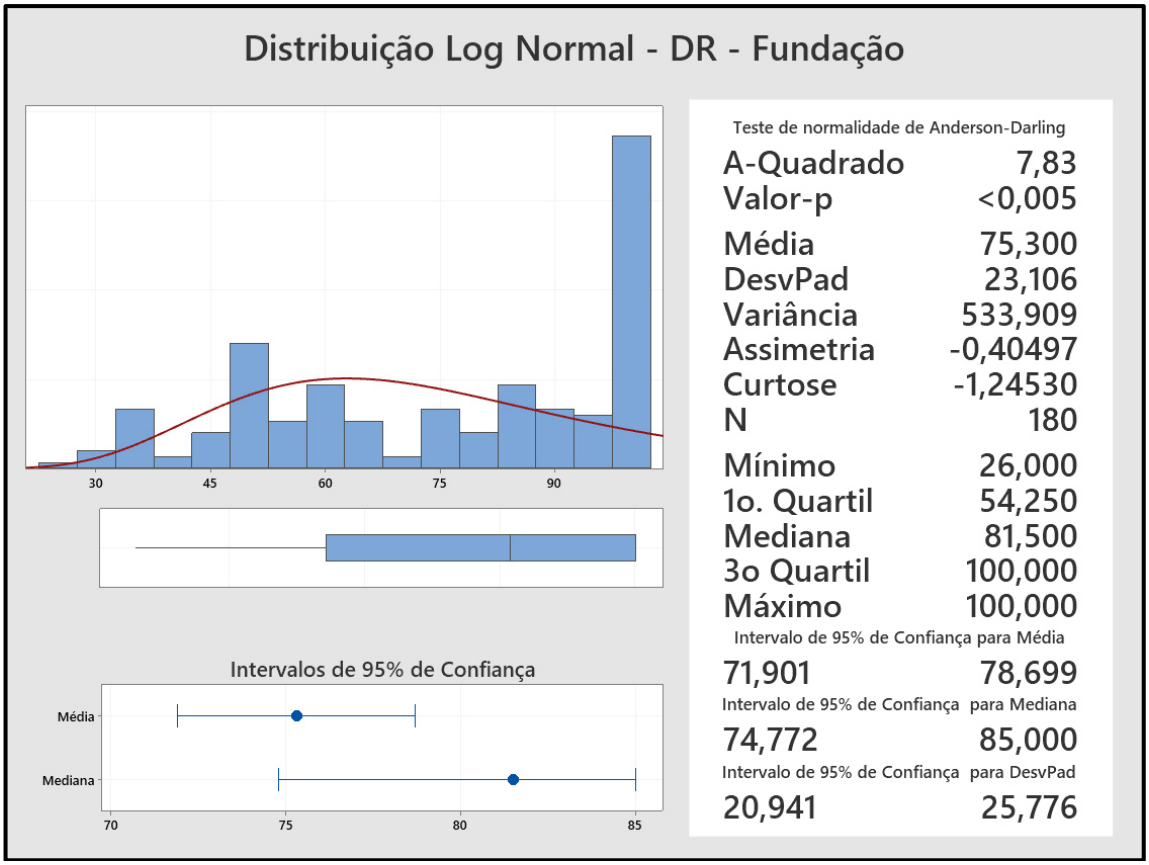


Figura 8.64 – Histograma de distribuição log normal – Densidade Relativa – Fundação.

Os parâmetros de resistência drenada foram estimados com base em correlações empíricas baseadas no $N_{SPT,70}$ e na densidade relativa (DR) calculada a partir dos ensaios de SPT, além das descrições geológico-geotécnicas.

Considerando a base de dados disponível foram realizadas análises estatísticas do $N_{SPT,70}$ e da densidade relativa (DR), adotando-se os valores calculados de média e moda. Sobre estes valores foram aplicadas as metodologias para determinação do ângulo de atrito efetivo, conforme Tabela 8-5 e Tabela 8-6.

Tabela 8-23 – Ângulo de atrito efetivo em função da DR – Rejeito.

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Média (75)	39	44	41	41
Moda (100)	43	55	43	46
Máximo (100)	43	55	43	46

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de DR			
	Meyerhof, 1959	de Mello, 1971	Giuliani e Nicoll, 1972	Rocha Filho, 1983
Mínimo (26)	32	30	35	31
1° Quartil (54)	36	37	38	37

Tabela 8-24 – Ângulo de atrito efetivo em função da $N_{SPT,70}$ – Rejeito.

Parâmetros estatísticos	Ângulo de atrito (Φ') em função de $N_{SPT,70}$						
	Lambe e Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka e Uchida, 1996	Teixeira e Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009
Média (23)	35	37	36	41	37	36	39
Moda (33)	**35**	41	30	32	41	40	30
Máximo (49)	>41	48	52	56	46	44	51
Mínimo (2)	<28	29	28	27	21	24	23
1° Quartil (12)	31	33	31	34	30	32	33

Observa-se uma expressiva dispersão dos valores calculados para o 1° quartil das amostras de SPT pelos diferentes métodos propostos. O ângulo de atrito efetivo variou entre 31° e 38°.

8.5.2.3 Determinaçao dos Parâmetros de Resistência Drenados

Para este projeto, será adotado ângulo de atrito da fundação igual a 30º, valor este compatível a faixa de valores obtidos nos ensaios triaxiais e além disso, correspondente ao obtido para as correlações utilizando ensaios SPT. Para o parâmetro de coesão efetiva será adotado 7 kPa, valor este, correspondente a média obtida nos ensaios triaxiais CIU.

8.5.3 Parâmetros de Permeabilidade

O parâmetro de permeabilidade dos rejeitos foi analisado considerando os ensaios SPT e de laboratório, conforme descritos a seguir:

Na campanha de ensaios realizada pela Pattrol em 2014, observou-se que alguns furos de sondagen foram executados nas ombreiras. Os ensaios de infiltração realizados nestes furos indicaram um coeficiente de permeabilidade médio de 1,90 x 10^{-6} m/s. A Tabela 8-25 apresenta os resultados dos ensaios de infiltração realizados nestes furos.

Tabela 8-25 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de infiltração – Pattrol 2014

Campanha	Código do furo	Resultados – k (cm/s) Trechos Ensaiados (m)					K médio (cm/s)
		0,0 a 5,0	**2,0 a 5,0**	**2,0 a 7,25**	**5,0 a 7,4**	**7,0 a 10,0**	
Geoconsultoria	SP 10	-	3,10E-04	-	-	0	3,10E-04
	SP 11	-	7,40E-05	-	-	2,36E-05	4,88E-05
	SP 15	-	3,32E-05	-	-	4,91E-05	4,12E-05
	SP 20	-	1,49E-04	-	-	-	1,49E-04
	SP 21	-	6,42E-05	-	-	-	6,42E-05
	SP 23	-	1,84E-04	-	-	1,81E-05	1,01E-04
	SP 24	-	2,02E-04	-	-	1,86E-05	1,10E-04
	SP 25	-	7,58E-04	-	-	6,03E-04	6,81E-04
	SP 26	-	4,72E-04	-	-	-	4,72E-04
	SP 30	-	1,73E-04	-	1,18E-04	-	1,46E-04
	SP 31	-	1,25E-04	-	-	-	1,25E-04
	SP 32	-		9,00E-05	-	-	9,00E-05
	SP 33	-	1,54E-04	-	-	-	1,54E-04
	SP 34	1,64E-04	-	-	-	-	1,64E-04

Na campanha de 2014 da Pattrol foram coletadas amostras para ensaios de laboratório, sendo que 5 das amostras retiradas nas ombreiras da barragem foram utilizadas para ensaios de permeabilidade. A Tabela 8-26 resume os resultados obtidos. A média dos resultados foi de 1,34 x 10^{-8} m/s.

Tabela 8-26 Coeficientes de permeabilidade (k) obtidos de ensaios de laboratório no rejeito – Pattrol 2014

Amostra	Prof. (m)	Tipo de amostra	k (cm/s)	k (m/s)
PI - 06	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	5,4E-07	5,4E-09
PI - 07	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	3,4E-06	3,4E-08
PI – 08	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	4,2E-07	4,2E-09
PI – 09	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	1,4E-07	1,4E-09
PI - 10	2,15 a 2,45	Amostra indeformada	2,2E-06	2,2E-08

Observa-se alta dispersão nos valores de permeabilidade encontrados, variando desde de 10^{-4} m/s a 10^{-9} m/s. Com isso, a determinação destes parâmetros e da anisotropia dos materiais só será possível durante a calibração realizada no projeto detalhado a partir de modelos numéricos, e balizados pelos dados de instrumentação existente no maciço.

8.6 PARÂMETROS CONSOLIDADOS

Este capítulo apresenta o quadro resumo dos parâmetros que serão utilizados para desenvolvimento do projeto detalhado. Os resultados estão apresentados na Tabela 8-27.

Tabela 8-27 – Parâmetros adotados pelo projeto.

Material	Parâmetros de resistência e permeabilidade							
	γnat (kN/m³)	γsat (kN/m³)	c' (kPa)	ϕ' (º)	k (m/s)	k_v/k_h	Su(pico)/σ'v	Su(Liq)/σ'v
Rejeito de Flotação	19	20	0	36	-	-	0,26	0,08
Maciço de Magnetita	28	29	0	34	-	-	0,23	0,06
Reforço de Magnetita	28	29	0	34	-	-	-	-
Maciço Inicial – Solo Compatado	-	19	20	30	-	-	-	-
Fundação	-	17	7	30	-	-	-	-

9.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

A seguir são descritos os estudos hidrológicos e hidráulicos desenvolvidos em âmbito conceitual, para a Barragem BR elevação 1.210,00 m:

- Estudos de chuvas intensas: desenvolvido a partir da estação Tapira (disposnibilizada no site da ANA), com série de dados de 1974 até 2019;
- Sistema extravasor: estrutura dimensionada para as TR's de 1.000 e 10.000 anos, conforme preconiza NBR 13.028/2017. Obtendo resultados conforme apresentados na Tabela 9.1 seguinte:

Tabela 9.1 – Resmudo dos resultados obtidos nos estudos conceitua – Barragem BR elev. 1.210,0m.

Tempo de retorno (anos)	1.000	10.000
Duração crítica (dias)	10	10
Altura da chuva crítica (mm)	679,87	771,95
Vazão máxima afluente (m³/s)	25,21	29,07
Vazão máxima efluente (m³/s)	20,73	24,50
Largura da base menor do emboque do vertedouro (m)	4,0	
Inclinação lateral das paredes do extravasor (xH:1V)	1,5	
Elevação da soleira do sistema extravasor (m)	1202	
Elevação da crista (m)	1210	
NA máximo maximorum (m)	1203,63	1203,79
Borda livre (m)	6,37	6,21

- Drenagem superficial: quantis de chuva associados a 500 anos de tempo de retorno tanto para os canais periféricos, quanto para a berma que atuará como canal, conforme recomenda a Norma Brasileira NBR 13.028/2017, a diagramação é apresentada a seguir:

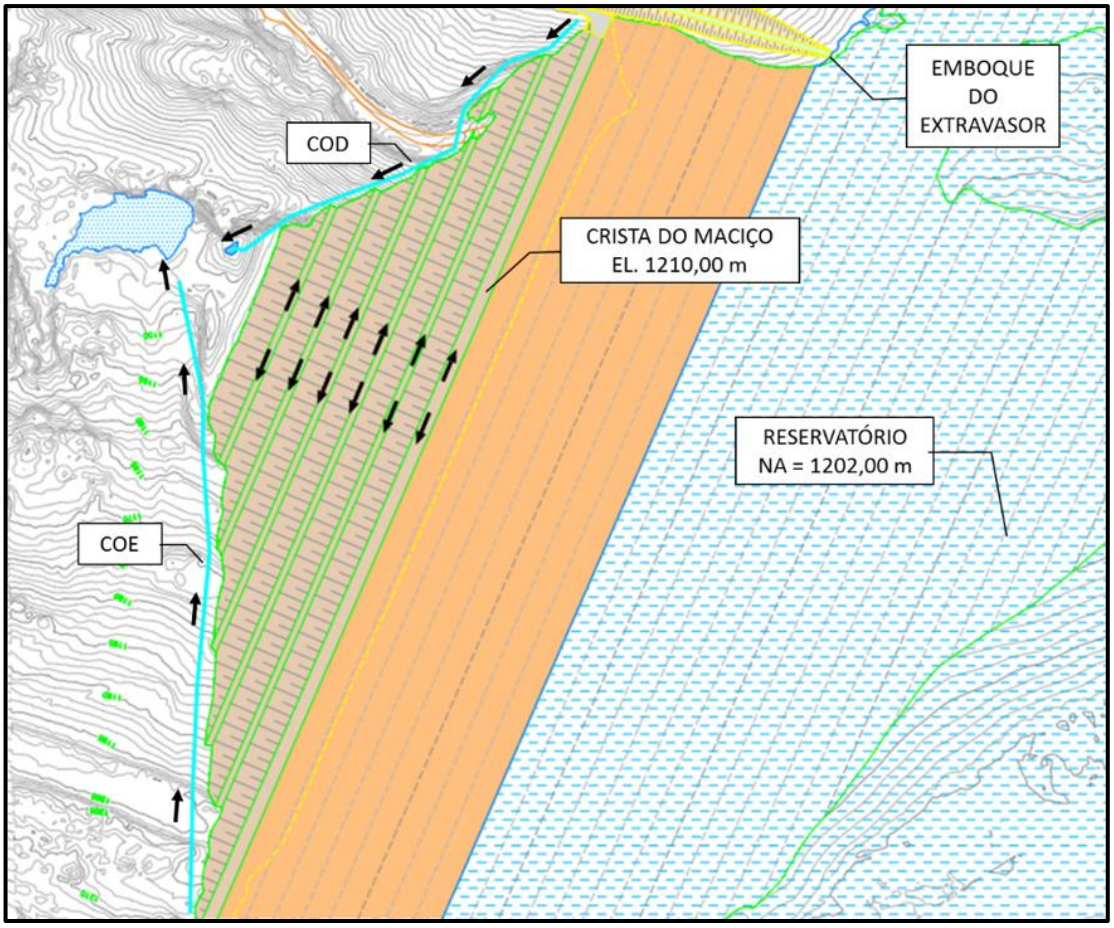


Figura 9.1 – Diagramação da drenagem superficial – Barragem BR Elev. 1.210,0 m.

Os resultados suprecitados, em estudos conceituais para a Barragem BR Elev. 1.210,0 m, foram desenvolvidos no documento DF19-258-1-EG-RTE-0002, pela DF+ Engenharia em março de 2020.

Ressalta-se que mais detalhes no âmbito hidrológico e hidráulico, será tratado em fase futura.

10.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em parte desse estudo, foram utilizadas correlações empíricas e estimativas mediante as informações disponibilizadas para obtenção de parâmetros representativos do comportamento geotécnico dos materiais. Todavia, tal metodologia incorre em incertezas devido à não determinação direta de certas propriedades.

Nos itens abaixo são apresentadas considerações a respeito dos principais aspectos observados nas investigações geotécnicas pretéritas.

- Rejeito

  - Não foi possível determinar a linha de estado crítico em função do índice de vazios, não sendo possível a determinação de parâmetros de estado do rejeito;
  - É desconhecido o perfil de índice de vazios com a profundidade;
  - A caracterização física dos rejeitos se restringe àquelas obtidas em amostras retiradas na superfície da praia;
  - Dentre os ensaios de compressão triaxial não drenada, nenhum corpo de prova apresentou comportamento contrátil. Consequentemente a resistência não drenada de pico pôde ser determinada em função de um número reduzido de ensaios;
  - Em laboratório, a resistência não drenada foi avaliada apenas em ensaios de compressão triaxial CIU.
  - Não foram executados ensaios de resistência ao cisalhamento drenada em laboratório, para determinação dos parâmetros de deformabilidade drenados dos rejeitos;

- Maciço de Magnetita

  - Ensaios de caracterização e resistência ao cisalhamento em laboratório se restringiram a duas amostras retiradas na superfície do maciço em 2014.

- Reforço de Magnetita

  - Foram considerados os mesmos parâmetros da magnetita, com a observação de que, segundo o “As Built” apresentado, houve controle de compactação e, portanto, o material foi considerado não susceptível à liquefação, utilizando assim os parâmetros drenados.

- Maciço Inicial

  - As sondagens à Percussão e Mistas existentes não interceptaram o maciço inicial. Sua localização foi advinda dos resultados de ensaios CPTu's que interceptaram o material. Os parâmetros considerados neste relatório se basearam na experiencia da projetista com materiais similares e em relatórios anteriores;
  - Com as informações disponibilizadas, há muitas incertezas dos contatos estratigráficos, resistência ao cisalhamento, permeabilidade, etc, entre os horizontes do maciço inicial;

- Fundação

  - Os parâmetros adotados se basearam em ensaios realizados em 5 amostras coletadas na ombreira esquerda e à jusante da barragem, além de correlações com os dados de sondagens SPT e mistas executadas nas ombreiras e à jusante da mesma. Estão sendo executadas atualmente mais sondagens à jusante da barragem para melhor consolidação da estratigrafia da fundação, podendo a interpretação atual sofrer modificações adivindas desta nova campanha. Ressalta-se que até o momento, a DF+ não recebeu os arquivos;

11.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM F. (2004) O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimita-lo In: Mantesso-Neto et al. (eds.) Geologia do Continente SulAmericano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. *Becca*, 17-35.

BALTAZAR O.F., ZUCCHETTI M. (2007) Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the setting of gold deposits Ore Geology Reviews. *Ore geo. rev.*, **2005.03.021**: 63–103.

BALTAZAR, O.F.; BAARS F.J.; LOBATO, L.M.; REIS, L.B.; ACHTSCHIN, A.B.; BERNI, G.V.; SILVEIRA, V.D. (2005) Mapa Geológico Casa de Pedra na Escala 1:50.000 com Nota Explicativa. In: Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com nota explicativa. Lobato et al. (2005) CODEMIG. Belo Horizonte.

CRUZ, P. T.. 100 Barragens Brasileiras, Casos Históricos, Materiais de Construção e Projetos. Oficina de Textos, 2° Edição. São Paulo, p.647. 2004.

DORR J. VAN N. II. 2nd. (1969) Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. In: Professional Paper, Washington, USGS/DNPM, 641-A: 110.

FARINA, F., ALBERT, C., MARTÍNEZ DOPICO, C.I., GIL, C.M.A., MOREIRA, H.S., HIPPERTT, J.P., CUTTS, K., ALKMIM, F.F., LANA, C.C. (2016) The Archeane-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Brasil: current models and open questions. Journal of South American Earth Sciences, v. 68, p. 4-21. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981115300808>. Acesso em: 25 ago. 2017.

FREIRE NETO, J.P. (2009). Estudo da liquefação estática em rejeitos e aplicação de metodologia de análise de estabilidade. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. NUGEO, Ouro Preto-MG.

ISHIHARA, K. (1985). Stability of Natural Deposits during Earthquakes, Proc., 11th Int.Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, Vol.1, pp.321 376.

LOBATO, L.M., BALTAZAR, O.F., REIS, L.B., ACHTSCHIN, A.B., BAARS, F.J., TIMBÓ, M.A., BERNI, G.V., MENDONÇA, B.R.V. DE FERREIRA, D.V. (2005) Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa. Belo Horizonte: CODEMIG, 2005.

MARTÍNEZ DOPICO, C.I., LANA, C., MOREIRA, H.S., CASSINO, L.F., ALKMIM, F.F. (2017) U–Pb ages and Hf-isotope data of detrital zircons from the late Neoarchean-Paleoproterozoic Minas Basin, SE Brazil. Precambrian Research v. 291, p. 143–161.

MOURÃO, M.A.A. (2007) Caracterização hidrogeológica do Aqüífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG Tese (Dutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007. 297p.

ODEBRECHT, E., SCHNAID, F. ROCHA, M.M., BERNARDES, G.P (2005) Energy Efficiency for Standard Penetration Tests. Journal of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering, 131(10): p. 1252-1263.

OLSON, S.M. & MATTSON, B.B. (2008). Mode of shear effects on yield and liquefied strength ratios. Canadian Geotechnical Journal, 45, 574–587.

OLSON, S.M. (2006). Liquefaction analysis of Duncan Dam using strength ratios. Canadian Geotechnical Journal, 43(5), 484-499.

OLSON, S.M. AND STARK, T.D. (2003a). Yield strength ratio and liquefaction analysis of slopes and embankments. ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 129(8), 727-737.

OLSON, S.M. AND STARK, T.D. (2003b). Use of laboratory data to confirm yield and liquefied strength ratio concepts. Canadian Geotechnical Journal, 40(6), 1164-1184.

PERES, J. P. 1998, Geostatistica aplicada ao mapeamento do índice de resistência a penetração do ensaio padronizado (SPT). Dissertação de mestrado. UNESP, Rio Claro- SP. 184p

PERLEA, V.G., KOESTER, J.P. AND PRAKASH, S. (1999). “How Liquefiable are Cohesive Soils?” Proc. Second Int Conf on Earthquake Geotechnical Engg., Lisbon, Portugal, Vol. 2, 611-618.

POULOS, S.J., CASTRO, G. & FRANCE, J.W. (1985). Liquefaction evaluation procedure. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, v. 111, n. 6, 772-792.
ROBERTSON, P.K. (1994). “Suggested terminology for liquefaction.” Proc., 47th Canadian Geotechnical Conf., Halifax, Nova Scotia, 277-286.

ROBERTSON, P.K. AND CAMPANELLA, R.G. (1985). “Liquefaction potential of sands using the CPT.” Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 111(3), 384-40.

ROBERTSON, P.K. AND WRIDE (FEAR), C.E. (1998). “Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetrometer test.” Canadian Geotechnical Journal, 35(3), 442-459.

ROMANO A. W. & REZENDE L. F. S. 2017. Relatório explicativo (Preliminar) do mapa geológico da Folha Ouro Preto na escala 1:100.000 (SF.23-X-A-III). Projeto Triângulo Mineiro. CODEMIG/UFMG, Belo Horizonte.

SCHNAID, F., ODEBRECHT, E., ROCHA, M.M., BERNARDES, G. P. (2009) Prediction of Soil Properties from the Concepts of Energy Transfer in Dynamic Penetration Tests. J. Geotech. Geoenviron. Eng., 135(8): p. 1092-1100.

SPIER, C.A., LEVETT, A., ROSIÈRE, C.A. (2019) Geochemistry of canga (ferricrete) and evolution of the weathering profile developed on itabirite and iron ore in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Mineralium Deposita 54: p. 983–1010.

TERZAGHI, K.; PECK, R.B. & MESRI, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice, Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, 549 p.

VARAJÃO, A. E. D. C., BOULANGE, B., AND MELFI, A.J. (1990) Caracterização morfológica, mineralógica e química das fácies estruturais da jazida de caulinita de Vargem dos Óculos, Quadrilátero Ferrífero, MG. Revista Brasileira de Geociências, 20, 75-82.

WANG, W. (1979). “Some Findings in Soil Liquefaction” Report Water Conservancy and Hydro-electric Power Scientific Research Institute, Beijing, China, 1-17

12.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE DOCUMENTO	
Razão social:	DF Mais Consultoria Ltda.
CNPJ:	01.053.662/0001-92
Endereço:	Av. Barão Homem de Melo, 4554, bairro Estoril, CEP 30494-270, Belo Horizonte - MG

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão
Júnio Fagundes	JF	Geotecnia	Revisão
Breno Lucena	BL	Geotecnia	Estudos Geotécnicos/Elaboração do Documento
Lucas Monção	LM	Geotecnia	Estudos Geotécnicos
Mário Júnior	MJ	Geotecnia	Estudos Geotécnicos/Elaboração do Documento
Luis Freitas	LF	Hidrologia	Estudos Hidráulicos - Hidrológicos/Elaboração do Documento
Silas Salgado	SS	Geologia	Estudos Geológicos/Elaboração do Documento

APÊNDICE

PRAIA.pdf	**APENDICE A – DADOS CPTU – PATTROL 2014 - REJEITO** Formato: [“PDF”]
PRAIA2.pdf	**APENDICE B – DADOS CPTU – PATTROL 2019 - REJEITO** Formato: [“PDF”]
MACIÇO.pdf	**APENDICE C – DADOS CPTU – PATTROL 2019 - MAGNETITA** Formato: [“PDF”]
MACIÇO2.pdf	**APENDICE D – DADOS CPTU – DAMASCO PENNA 2019 - MAGNETITA** Formato: [“PDF”]



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL 1210 m**

PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL 1210 m** **PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS** **RELATÓRIO TÉCNICO**	Nº MOSAIC **-**	PÁGINA **1/32**
	Nº DF+ **DF19-263-1-EG-RTE-0002**	REV. **0**

REVISÕES

TE: TIPO EMISSÃO — A - PRELIMINAR; B - PARA APROVAÇÃO; C - PARA CONHECIMENTO; D - PARA COTAÇÃO; E - PARA CONSTRUÇÃO; F - CONFORME COMPRADO; G - CONFORME CONSTRUÍDO; H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	EMISSÃO INICIAL	MCR	MC/JF /TO	MC/TO	MC	02/06/20
0	C	APROVADO	MCR	MC/JF /TO	MC/TO	MC	25/06/20

SUMÁRIO

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
3.0	CRITÉRIOS E PREMISSAS	5
4.0	BALANÇO HÍDRICO	7
5.0	PROJEÇÃO DO REJEITO NO RESERVATÓRIO	12
6.0	RESULTADOS OBTIDOS	15
7.0	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	22
8.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
9.0	APÊNDICE	25
10.0	EQUIPE TÉCNICA	32

1.0 INTRODUÇÃO

No presente documento, elaborado pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos, são apresentados os estudos desenvolvidos para a verificação da operação da Barragem BR, considerando a disposição de rejeitos e a captação de água para operação das instalações do Complexo CMT, localizado no município de Tapira/MG, apresentados na Figura 1.1.

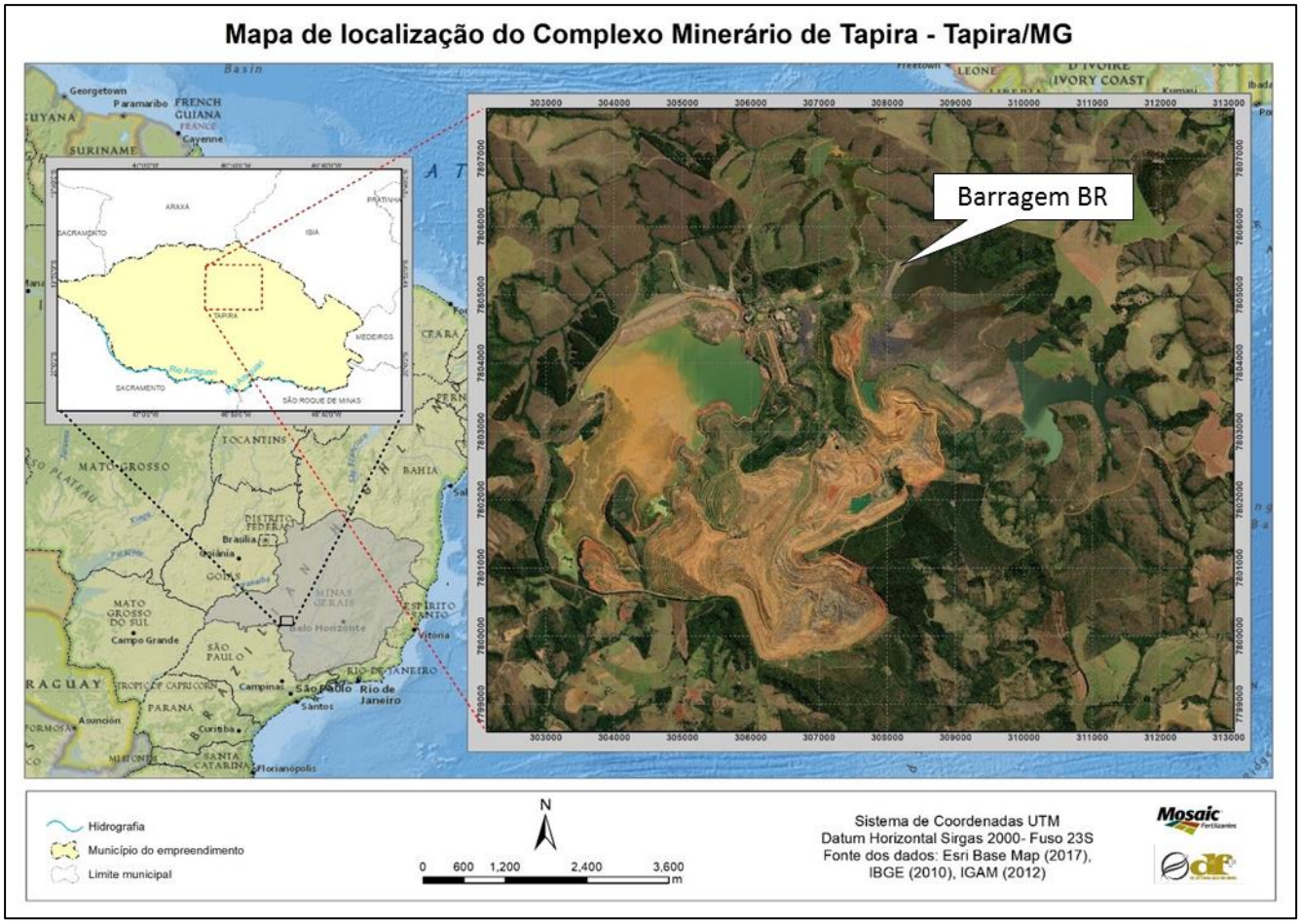


Figura 1.1 – Localização da Barragem BR no CMT

Os trabalhos consistiram na elaboração de modelos matemáticos do balanço hídrico, considerando cenários de disposição de rejeitos ao longo dos anos de operação da estrutura, a partir dos dados disponibilizados pela MOSAIC de: previsão de produção, caracterização de rejeito e critérios e premissas, os quais estão apresentados nos itens subsequentes.

2.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos utilizados para o desenvolvimento do presente relatório estão apresentados na Tabela 2.1. Os documentos foram obtidos através de consulta ao sistema SGPSB, disponibilizados em visita técnica ou foram documentos desenvolvidos pela DF+.

Tabela 2.1 – Documentos de Referência

Número do documento	Descrição
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Diagnóstico da Barragem BR – DF+ - 2019
DF19-258-1-EG-RTE-0002	Projeto Conceitual – Barragens - Alteamento Barragem BR – El 1210 m - Relatório Técnico
VG17-092-1-EG-RTE-0071	RPSB da Barragem BR – DF+ - 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 1 – CCC Topografia – agosto de 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 3 – CCC Topografia – agosto de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – setembro de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – setembro de 2019
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico “As Is” – Barragem BR – WALM – abril de 2019
WBH122-17-MOSC073-RTE-0001	Relatório Técnico de Projeto Detalhado – Avaliação do Comportamento Sedimentológico da Lama a ser Lançada no Reservatório da Barragem BR – WALM – julho de 2019
DF19-258-1-EG-RTE-0003	Projeto Conceitual - Barragens - Alteamento Barragem BR – El 1210 m - Plano de Disposição de Rejeitos - Relatório Técnico

3.0 CRITÉRIOS E PREMISSAS

As principais premissas e critérios que subsidiaram o desenvolvimento dos estudos para verificação do período de operação da Barragem de Rejeitos BR estão apresentadas a seguir:

- Balanço hídrico desenvolvido com o auxílio do *software* GoldSim, GoldSim Technology Group LCC, considerando a simulação com intervalo de tempo diário;
- Os rejeitos lançados no reservatório possuem a seguinte caracterização, fornecida pela equipe MOSAIC em maio de 2020:
  - Percentual de sólidos na polpa 6,6%;
  - Índice de vazios do rejeito depositado igual a 1,00;
  - Densidade dos grãos igual a 3,2 ton/m³.
- A taxa de geração de rejeito foi considerada constante ao longo da operação da Usina e foi adotada como o volume máximo a ser produzido de acordo com o LOM (*Life of Mining*), fornecido pela Mosaic, de 5.679.887,00 ton/ano, referente ao ano de 2057;
- Simulações do período de pré-operação em 01/10/2020, iniciando-se o enchimento do reservatório da Barragem com o fechamento do atual extravasor na elevação 1193,00 m;
- Simulações com início da disposição em 01/10/2027, alinhado com o término de operação da Barragem BL1, para a Barragem BR, até a ocupação total do reservatório;
- Declividade da superfície de rejeitos: 0,2% para a praia de rejeitos e 0,7% trecho submerso;
- Lançamento de rejeitos a partir do Canal de Lamas elaborado no projeto de alteamento (ver desenhos DF19-263-1-EG-DWG-0075 a DF19-263-1-EG-DWG-0086);
- Representação da ocupação do reservatório, com auxílio dos *softwares* RiftTD, desenvolvido pela Rift Software e Civil 3D, desenvolvido pela AutoDesk. A ocupação foi feita pela projeção de uma superfície a partir do ponto de lançamento;
- Ponto de lançamento considerado na saída do Canal de Lamas, projetado para condução da polpa até o reservatório, com lançamento na elevação 1.208,00m;

- Elevação da superfície de rejeitos limitada à elevação 1.210 m, correspondente à elevação do projeto de alteamento;

- Manutenção da vazão mínima residual a jusante da Barragem de Rejeitos BR de 428,00 m³/h durante o período de operação, conforme dados de Hidrosistemas/COPASA (1993);

- Vazão média de longo termo afluente à Barragem de Rejeitos BR de 1.471,00 m³/h, conforme dados de Hidrosistemas/COPASA (1993);

- Série de vazões afluentes obtida por meio de transformação chuva-vazão a partir de dados de estação pluviométrica próxima ao local do empreendimento;

- Captação de água no reservatório de 3.000 m³/h até 2027 e após tal período foi considerado a captação máxima possivel durante o período de operação, visando suprir toda a necessidade da usina;

- Elevação da soleira do vertedouro posicionada na elevação 1.202,00 m, 8,00 m abaixo da crista da barragem, que se situa na elevação 1.210,00 m;

- Após a água atingir o volume máximo do reservatório (NA na elevação 1.202,00 m), os volumes afluentes ao reservatório, são considerados como vertidos pelo sistema extravasor, independente do volume;

- Taxa de assoreamento do reservatório igual a 289,15 m³/ha/ano, considerando os sedimentos provenientes da área da bacia hidrográfica de contribuição, correspondente à 14,86 km²; com exceção do espelho do reservatório, que não gera sedimentação;

- Curvas Cota-Área-Volume determinadas considerando-se a evolução da praia de rejeitos, obtidas a partir da interação balanço hídrico e cenários de disposição de rejeito;

- Nível de água mínimo operativo do sistema de captação correspondente a uma lâmina de água de 1,50 m acima do fundo do reservatório no ponto de captação, com rejeitos e sedimentos depositados.

- A taxa de geração de rejeito foi considerada constante ao longo da operação da Usina e foi adotada como o volume máximo a ser produzido de acordo com o LOM (*Life of Mining*), fornecido pela Mosaic, de 5.679.887,00 ton/ano, referente ao ano de 2057;

4.0 BALANÇO HÍDRICO

O estudo do balanço hídrico foi realizado com a finalidade de se prever a relação esperada entre os volumes afluentes e efluentes no reservatório da Barragem BR. Estão envolvidos nesse processo o volume proveniente da precipitação sobre a bacia de contribuição, volume de rejeitos lançados e sedimentos depositados, além dos volumes de água necessários à restituição da vazão residual e de captação para a utilização da planta de beneficiamento.

A seguir são descritas as metodologias de simulação do balanço hídrico da barragem em estudo.

4.1 METODOLOGIA DO BALANÇO

A simulação da operação do reservatório foi realizada a partir da aplicação da equação do balanço hídrico entre afluências e defluências médias mensais, a saber:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = [(P_{DIRETA} + Q_{AFLUENTE} + Q_{ÁGUA\ LIVRE}) - (E_{REAL} + Q_{RESIDUAL} + Q_{CAPTADA} + Q_{VERTIDA})] \quad \text{Equação 4.1}$$

Em que:

- $\Delta V / \Delta t$: corresponde à variação do volume no intervalo de tempo de simulação Δt (1 dia);
- P_{DIRETA}: Vazão proveniente da precipitação total diária sobre a superfície do espelho de água formado pelo reservatório. Utilizou-se os dados de precipitação total média mensal provenientes da Estação Pluviométrica Tapira, código 1946011, disponíveis no banco de dados da ferramenta HidroWeb, plataforma de dados hidrometeorológicos da Agência Nacional das Águas (ANA). Os dados utilizados são apresentados no item APÊNDICE;
- $Q_{AFLUENTE}$: Vazão proveniente da bacia de contribuição. Face à ausência de longas séries históricas na bacia em estudo, a série de afluências diárias na seção fluvial de implantação da Barragem BR foi determinada a partir de técnicas de transformação chuva-vazão. Fez-se a caracterização da bacia de contribuição em função do uso e ocupação do solo, e obteve-se um coeficiente de escoamento superficial aplicado aos volumes totais diários de precipitação da estação supracitada. A série de vazões obtida pelo estudo encontra-se presente no APÊNDICE deste documento;
- $Q_{ÁGUA\ LIVRE}$: Vazão de água liberada pelo rejeito após o adensamento. Essa vazão representa a quantidade de água que é liberada na transformação da polpa lançada em rejeito depositado com o tempo.

Para o cálculo da quantidade liberada de água utiliza-se dos parâmetros de caracterização do rejeito apresentados a seguir:

- P = percentual de sólidos na polpa (6,6%);
- e = índice de vazios do rejeito depositado (1,00);
- $\rho_{grãos}$ = densidade dos grãos (3,20 ton/m³);
- $\rho_{água}$ = densidade da água (1,00 ton/m³);
- $M_{rejeito}$ = massa seca de rejeito lançada (5,68 ton/ano).

O procedimento de cálculo consiste na obtenção da quantidade de água presente na polpa que fica retida após ser depositada no reservatório: $M_{água\ retida}$. É obtido, então, a massa total de água na polpa, $M_{água\ total}$, seguido, por fim, da massa de água liberada, $M_{água\ livre}$, através da diferença entre a massa de água total e a massa de água retido, como explicitado a seguir:

$$M_{água\ retida} = \frac{e.M_{rejeito}.\rho_{água}}{\rho_{grãos}} \qquad \text{Equação 4.2}$$

$$M_{água\ total} = \frac{M_{rejeito}.(1-P)}{P} \qquad \text{Equação 4.3}$$

$$M_{água\ livre} = M_{água\ total}(\text{Equação 4.2}) - M_{água\ retida}(\text{Equação 4.3}) \qquad \text{Equação 4.4}$$

De posse da massa de rejeitos e de sua densidade, obtém-se o volume afluente de água livre, como apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Cálculo da água liberada pela polpa lançada

Variável	Valor (10^6 ton/ano)
$M_{água\ retida}$	1,78
$M_{água\ total}$	80,38
$M_{água\ livre}$	78,61

- E_{REAL}: Vazão proveniente da evaporação do espelho de água da barragem. Para obtenção dos valores de evaporação total mensal a serem do balanço hídrico, foram utilizados os dados mensais da estação da MOSAIC. As normais mensais de evaporação estão apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Evaporação Total Mensal Média Utilizada no Balanço Hídrico (fonte: WBH122-17-MOSC073-RTE-001, elaborado pela WALM em Julho de 2019)

Evaporação Total Mensal Média (mm) – Estação MOSAIC											
Janeiro	**Fevereiro**	**Março**	**Abril**	**Maio**	**Junho**	**Julho**	**Agosto**	**Setembro**	**Outubro**	**Novembro**	**Dezembro**
78,41	80,23	68,21	72,68	82,35	83,78	111,41	140,85	130,77	113,66	78,85	76,98

- $Q_{RESIDUAL}$: Vazão mínima a ser garantida a jusante do eixo da Barragem BR de 428 m³/h, baseado nos estudos de Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais, elaborado pela Hidrosistemas para a COPASA/MG em 1993. A metodologia de obtenção é apresentada no APÊNDICE deste documento;

- $Q_{CAPTADA}$: Vazão que será captada do reservatório da Barragem BR para a operação. A MOSAIC forneceu a variações de captação de água na Barragem BR ao longo do período de janeiro de 2018 à abril de 2020, como apresentado na Figura 4.1;

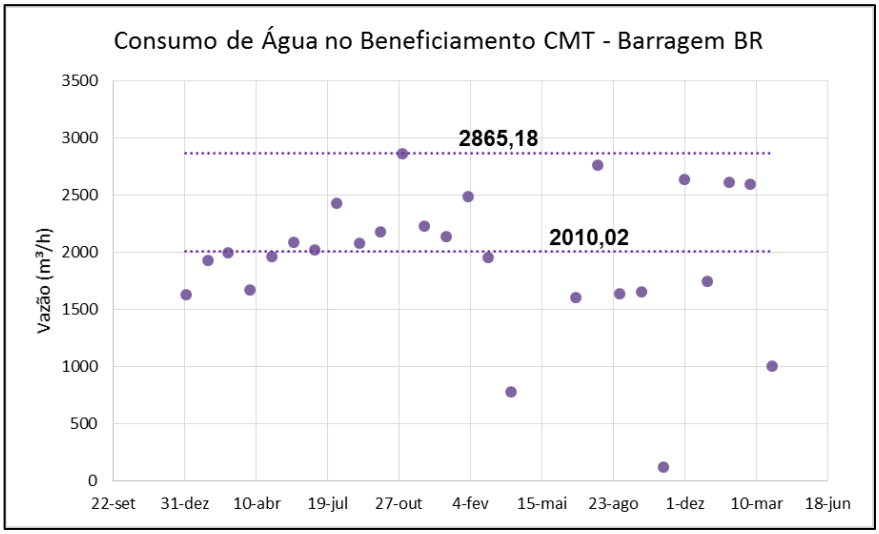


Figura 4.1 – Variação das captações de água na Barragem BR: **mediana de 2.010,02 m³/h** e **máxima de 2.865,18 m³/h.**

A seguir, na Figura 4.2, são apresentadas as variações da captação de água para a usina das outras duas estruturas no CMT, a Barragem BR e a Barragem BL1.

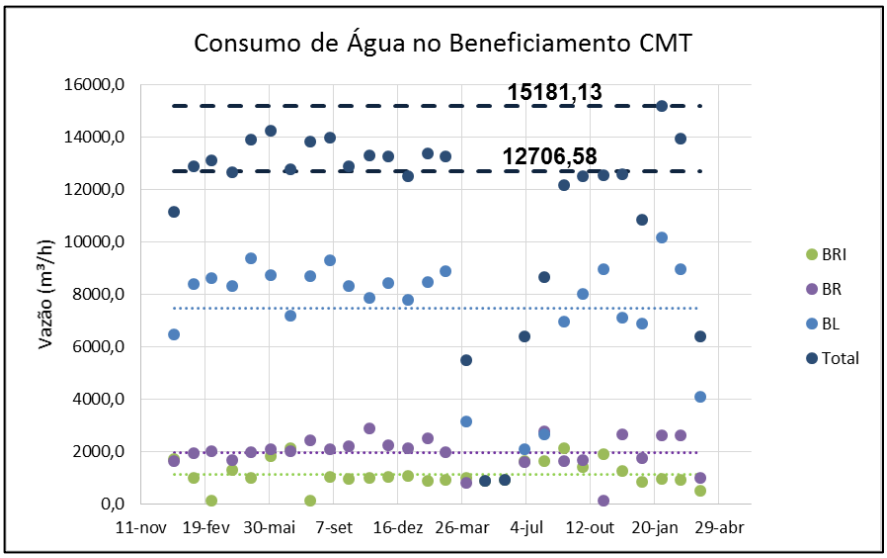


Figura 4.2 – Variação das captações nas barragens do CMT: **mediana de 12.706,58 m³/h** e **máxima de 15.181,13 m³/h**.

A MOSAIC solicitou que fosse avaliada a possibilidade de captação de todo o volume necessário à operação da usina no reservatório da Barragem BR, haja visto que a Barragem BL1 poderá ser descomissionada nos próximos anos. Dessa forma, foi avaliada a operação da barragem com a vazão máxima de captação após o início de disposição de rejeitos.

Portanto, considerou-se que a variação de vazões captadas deveria seguir o seguinte cronograma, apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Variação das captações de água na Barragem BR.

Início	Fim	Vazão Captada (m³/h)
1/10/2020	1/10/2027	3.000
1/10/2027	Vida Útil	15.000

Diante da impossibilidade de captação de tais vazões, elas serão diminuídas até valores que apresentem disponibilidade hídrica na simulação.

- $Q_{VERTIDA}$: Vazão vertida pelo sistema extravasor da barragem. Equivale a todo o volume afluente computado que não é comportado pelo reservatório, ou seja, o volume extra a cada Δt de simulação.

4.2 SISTEMÁTICA DA SIMULAÇÃO

A simulação do balanço hídrico do reservatório da barragem de rejeitos, considerando as variáveis de entrada e saída de água apresentadas acima, foi realizada com o auxílio do programa computacional GoldSim.

O programa GoldSim é um ambiente gráfico especialmente elaborado para permitir a montagem de modelos de simulação de processos dinâmicos, com elementos especializados e pré-definidos para representar estruturas, como, por exemplo, barragens. O *software* foi desenvolvido pelo GoldSim Techonology Group LCC, com o qual a DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos possui um termo de colaboração.

A capacidade do programa equipara-se a de um ambiente de programação, no qual se definem relações lógicas entre variáveis, mas de maneira gráfica, o que torna o ambiente de desenvolvimento bastante compreensível. Esta capacidade simplifica a compreensão da lógica e dos relacionamentos entre as variáveis modeladas, auxiliando decisivamente na demonstração e compreensão dos modelos desenvolvidos para terceiros.

A Figura 4.3 mostra a interface do ambiente gerado para a simulação da disposição de rejeitos na Barragem BR.

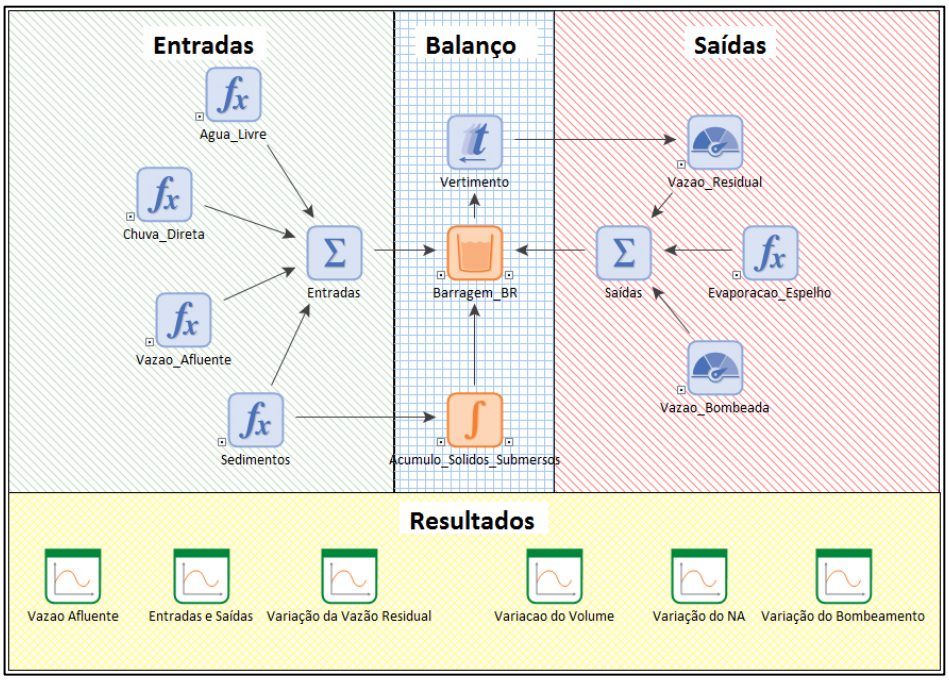


Figura 4.3 - Ambiente programável do software GoldSim para a Barragem BR

Sendo a variável Vazão Afluente a mais imprevisível do balanço hídrico, faz-se a sua variação por meio de simulação com o método de Monte Carlo, de forma a obter-se as Máximas, Medianas e Mínimas vazões afluentes esperadas.

A utilização das variações da Vazão Afluente, permite a avaliação das ocorrências de maior e menor afluência de volumes ao reservatório segundo a série histórica utilizada. Consequentemente, resulta em variadas possibilidades de nível de água do reservatório, influenciando na possibilidade ou não de captação de água para restituição e reutilização além de influenciar a dinâmica da disposição de rejeitos.

5.0 PROJEÇÃO DO REJEITO NO RESERVATÓRIO

A fim de se compreender a sedimentação do rejeito no reservatório ao longo da operação da Barragem BR foi projetada uma superfície da praia de rejeitos esperada ao longo da ocupação do reservatório. Dessa forma, pode-se obter a evolução do rejeito no reservatório, com a variação da curva Cota-Área-Volume do reservatório de água ao longo da operação.

A seguir, é descrita a metodologia de obtenção da superfície e a definição dos cenários projetados para a operação da Barragem BR.

5.1 METODOLOGIA DA DISPOSIÇÃO

A sedimentação do rejeito no reservatório é função das características geotécnicas do material aliadas às condições hidráulicas do lançamento dos efluentes. Logo, a definição da formação de rejeitos da disposição passa pela caracterização do material a ser disposto.

A sedimentação do material se dá desde o ponto de lançamento até o fundo do lago formado pelo barramento. Assim, forma-se uma superfície de rejeitos emersa que vai desde o ponto de lançamento até o nível do lago existente, chamada praia de rejeitos. Após atingir a superfície o material tem uma deposição mais rápida, resultando em ângulos de repouso maiores. Os ângulos de deposição submerso e emerso desse rejeito são função das características do material.

Foram utilizados os *softwares* RIFT TD, desenvolvido pela Rift Software, e Civil 3D, desenvolvido pela AutoDesk para a montagem do modelo digital do terreno a partir da topografia e da batimetria fornecidas Na Figura 5.1 é apresentado um modelo digital da superfície de rejeito no reservatório obtido com o RIFT TD.

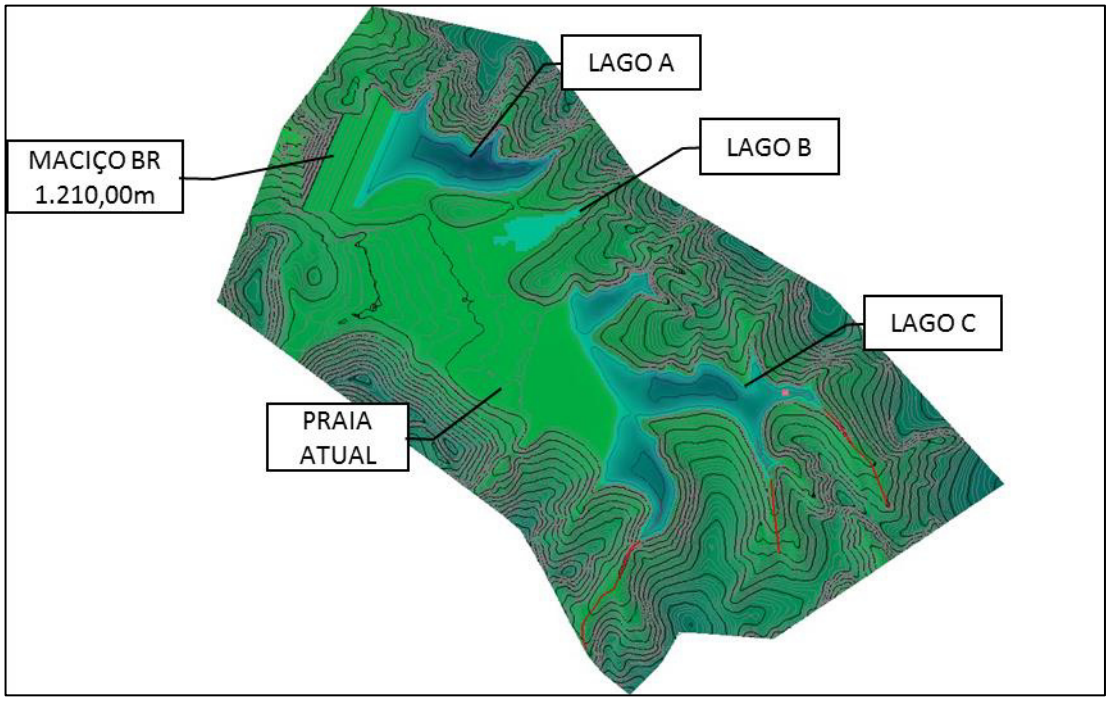


Figura 5.1 – Modelo digital de terreno já com o maciço na elevação 1.210,00 m, gerado através das topografias e batimetrias fornecidas no *software* RIFT TD

Para realizar a análise de disposição de rejeito no reservatório, utilizou-se dos ângulos de deposição do material da Barragem BL1, que atualmente recebe o material fino proveniente da operação da planta, como apresentado no documento DF18-258-1-EG-DWG-0003. Esse material passará a ser disposto no reservatório da Barragem BR, logo, assumiu-se que o comportamento do material se dará da mesma forma no reservatório da Barragem BR.

5.2 PONTO DE LANÇAMENTO DO REJEITO E PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

Foi implantado um canal para a condução dos efluentes dos processos da usina para o reservatório, chamado Canal de Lamas. O deságue do canal se dará no ponto de melhor aproveitamento volumétrico do reservatório como indicado no Projeto Conceitual de Disposição de Rejeitos no reservatório da Barragem BR (DF19-258-1-EG-RTE-0003).

A Figura 5.2 apresenta a localização do Canal de Lamas projetado.

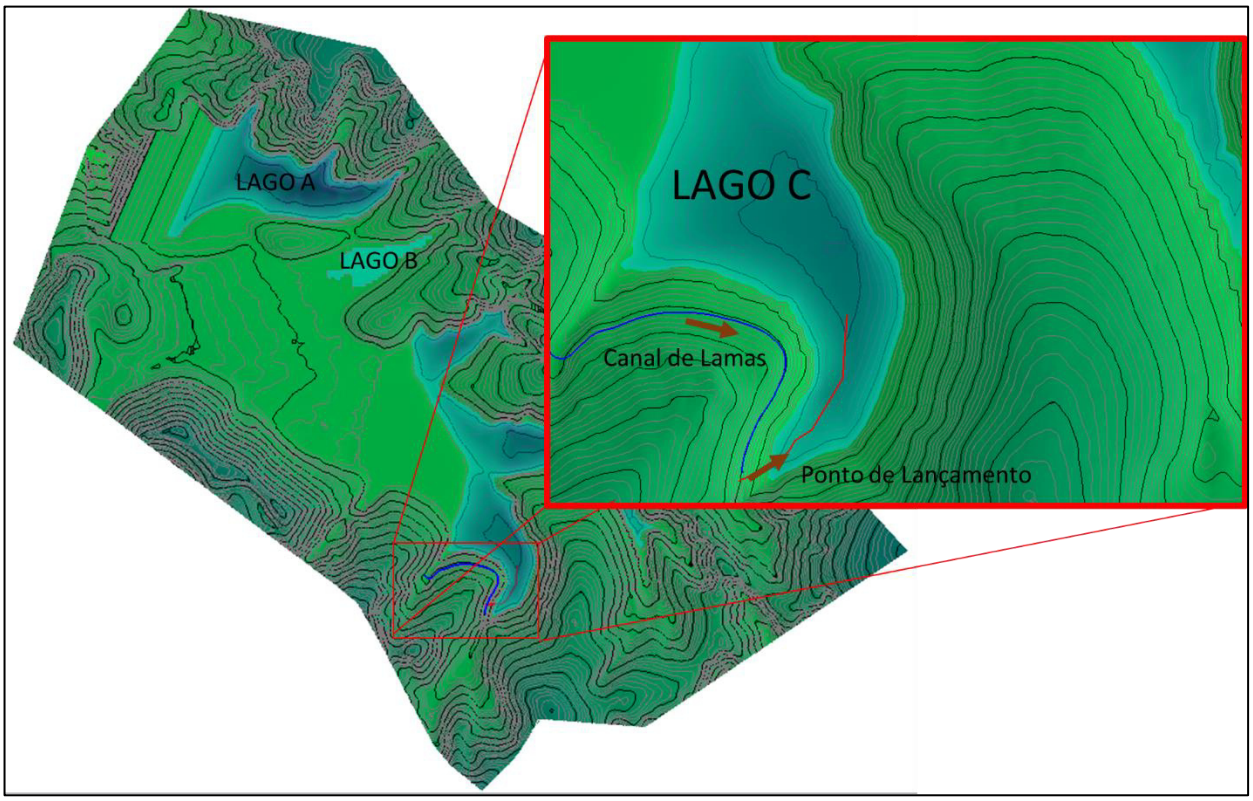


Figura 5.2 – Canal de Lamas (azul) e alinhamento da projeção do rejeito no reservatório (vermelho).

A superfície do rejeito depositado foi projetada a partir do ponto de saída do Canal de Lamas.

Haja visto que o ponto de lançamento encontra-se a montante do reservatório, foi considerada a captação da água do reservatório para a usina ocorrendo no Lago A, próximo ao maciço, como indicado na Figura 5.3. Esse ponto é apresentado nos estudos como “fundo do reservatório”, sendo que o bombeamento indicará falhas todas as vezes que o Nível de Água nessa região não apresentar profundidade suficiente par ao funcionamento da bomba.

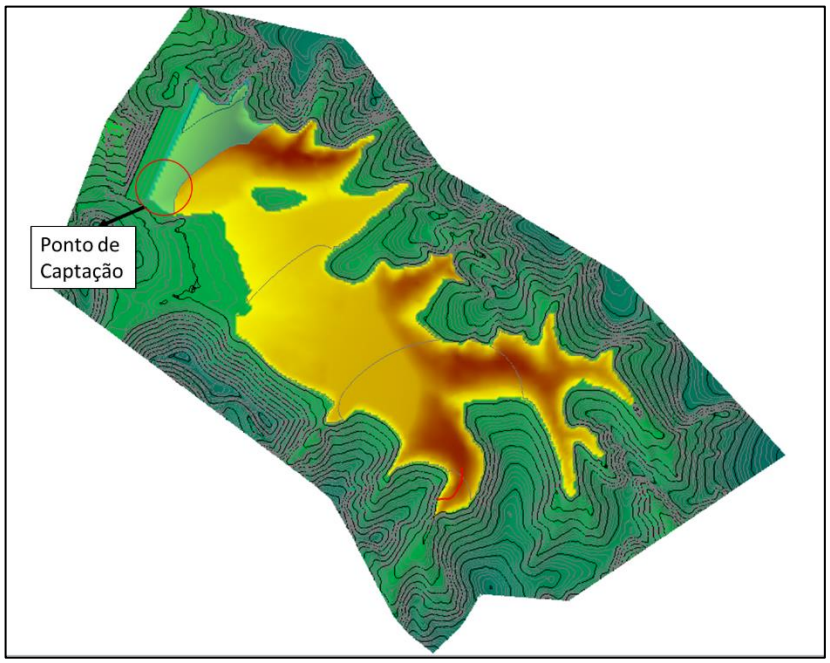


Figura 5.3 – Ponto de captação de água para a Usina com o reservatório já esgotado.

6.0 RESULTADOS OBTIDOS

A seguir são apresentados e avaliados os resultados obtidos para a projeção de rejeitos no reservatório e para o balanço hídrico durante os anos de operação da Barragem BR com a crista na elevação 1.210,00 m.

6.1 PRÉ-OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

Utilizando-se a sistemática do balanço hídrico apresentada, para a captação dos 3.000 m³/h durante o período de pré-operação obteve-se a seguinte variação de níveis de água na estrutura, apresentada na Figura 6.1.

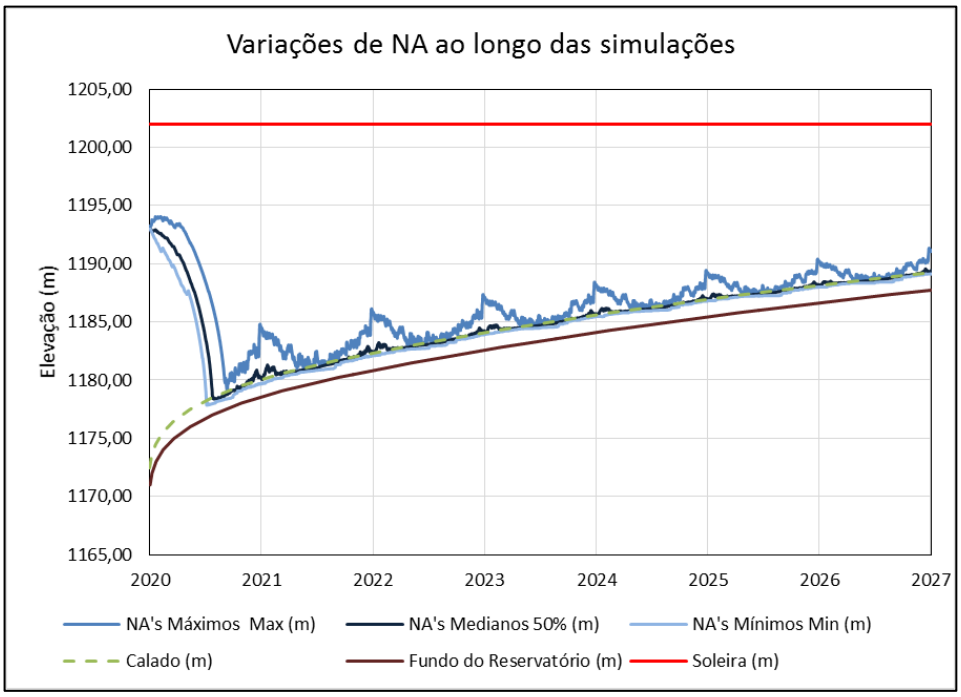


Figura 6.1 – Simulação da pré-operação do reservatório com a captação de **3.000 m³/h**

Nota-se que o reservatório, sem o lançamento da polpa da fase da operação, não apresenta capacidade de captação constante dos 3.000 m³/h requeridos para os meses de maior consumo. Portanto, verificou-se a possibilidade de captação 1.000 m³/h constantes ao longo de todo os sete anos de pré-operação, resultando na simulação apresentada na Figura 6.2.

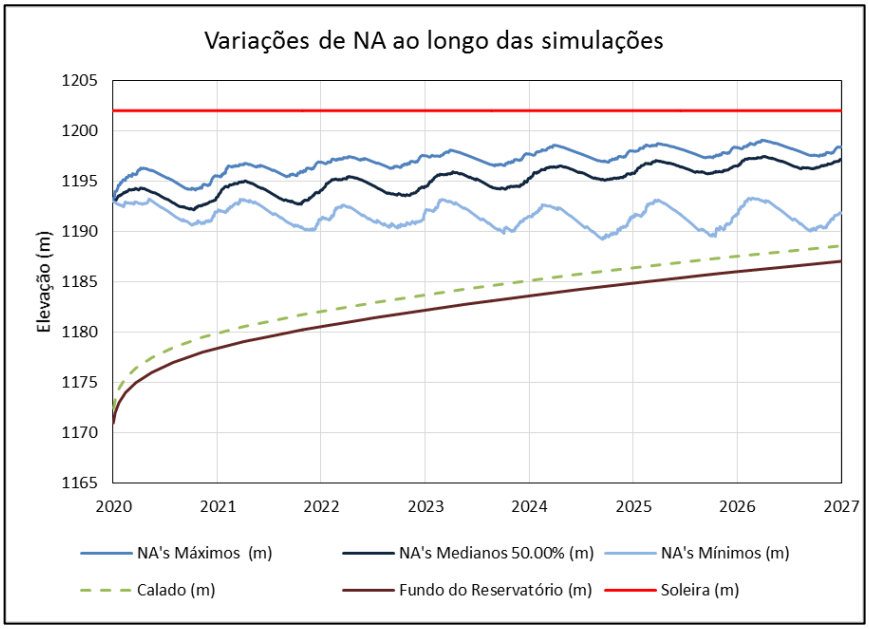


Figura 6.2 - Simulação da pré-operação do reservatório com a captação de **1.000 m³/h**

Logo, as simulações mostram que no período de pré-operação, a captação constante de uma vazão de 1.000 m³/h no reservatório se mostrou viável.

6.2 PROJEÇÃO DO REJEITO NO RESERVATÓRIO

Com a utilização dos dados e das simulações apresentadas, obteve-se as seguintes variações de volumes no reservatório ao longo dos anos simulados, apresentada na Figura 6.3. Foi utilizada a captação de 3.000 m³/h no cálculo dos volumes de ocupação do reservatório ao longo da operação.

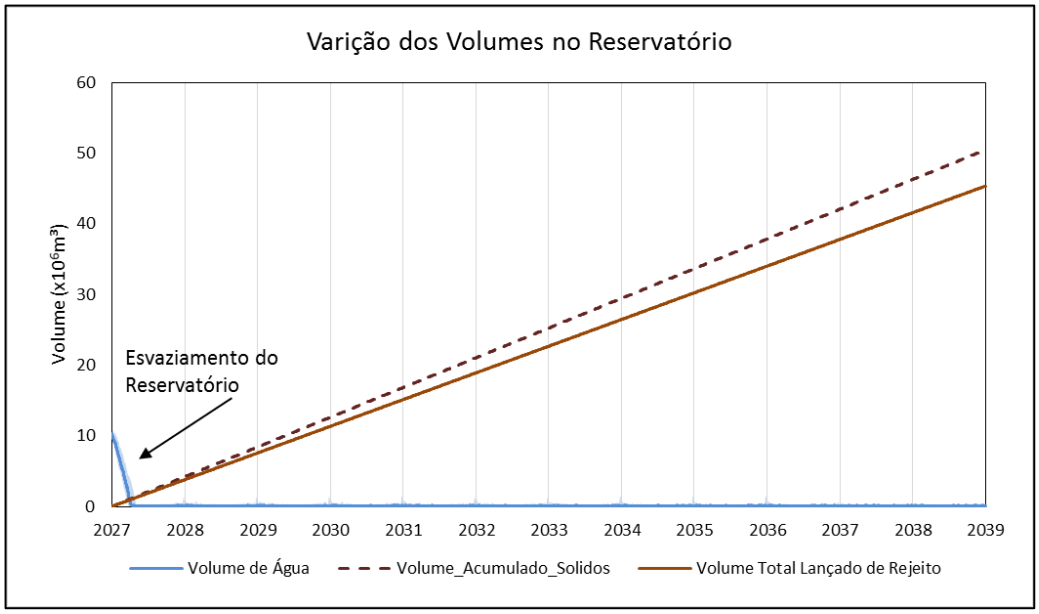


Figura 6.3 – Variações de volume ao longo da operação do reservatório com captação de **15.000 m³/h**

Nota-se que a captação de 15.000 m³/h constante se mostrou inviável ao longo de toda a operação do reservatório. Portanto, verificou-se a capacidade de captação de 9.000 m³/h para a operação do reservatório, apresentada na Figura 6.4.

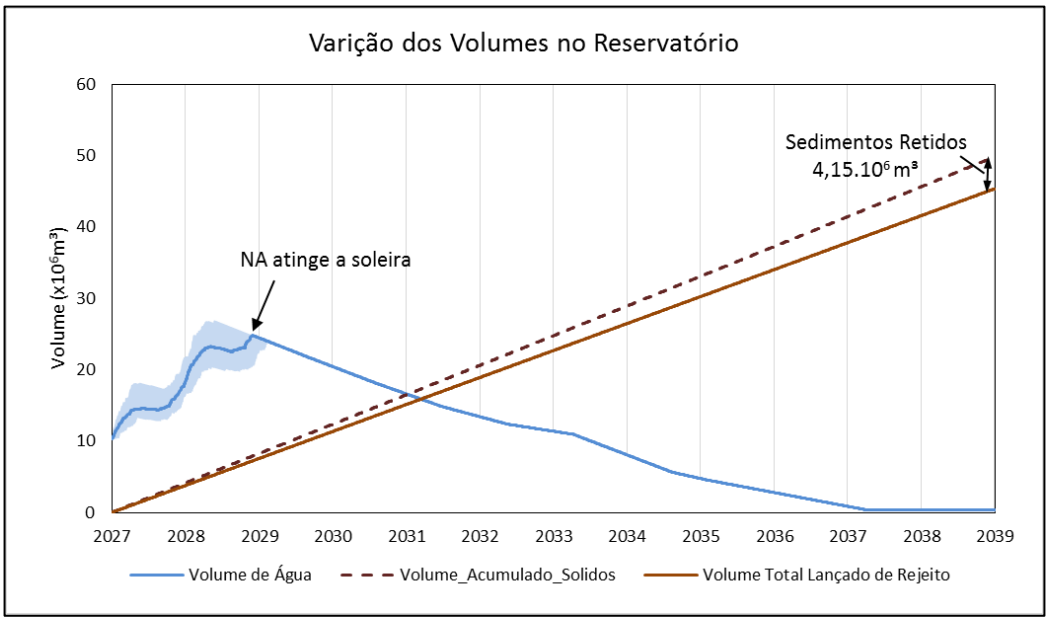


Figura 6.4 - Variações de volume ao longo da operação do reservatório com captação de **9.000 m³/h**

Portanto, adotou-se a captação de 9.000 m³/h constante para a projeção do rejeito no reservatório ao longo dos anos de operação.

A seguir, na Tabela 6.1, é apresentada a variação de Sólidos e Água no reservatório para o período de operação.

Tabela 6.1 – Variação de Sólidos Retidos na Barragem e Água ao longo do período de operação

Cenário	Data	Volume Sólidos (m³)	Volume Água (m³)
1	out-27	3.684.000,00	29.000.000,00
2	out-29	7.354.000,00	25.330.000,00
3	out-30	11.010.000,00	21.720.000,00
4	out-31	14.710.000,00	18.160.000,00
5	out-32	18.410.000,00	14.870.000,00
6	out-33	22.130.000,00	12.360.000,00
7	out-34	25.870.000,00	10.920.000,00
8	out-35	29.630.000,00	7.355.000,00
9	out-36	33.380.000,00	4.544.000,00

Com tal variação, projetou-se as superfícies do rejeito lançado ao longo dos 9 cenários apresentados. A variação temporal de cada cenário foi de um ano de operações, com exceção do cenário 10, no qual buscou-se exaurir o todo o reservatório com a disposição a partir do canal de lamas. Do documento DF19-263-1-EG-DWG-0002 até o documento DF19-263-1-EG-DWG-0011 são apresentados cada um dos 10 cenários de disposição projetados.

O plano de disposição contemplou o início das operações em **Outubro de 2027 e foi até Outubro de 2039**, dispondo **40, 32.10⁶ m³ de rejeito** e retendo **4,47.10⁶ m³ de sedimentos**. O cenário final é apresentado na Figura 6.5.

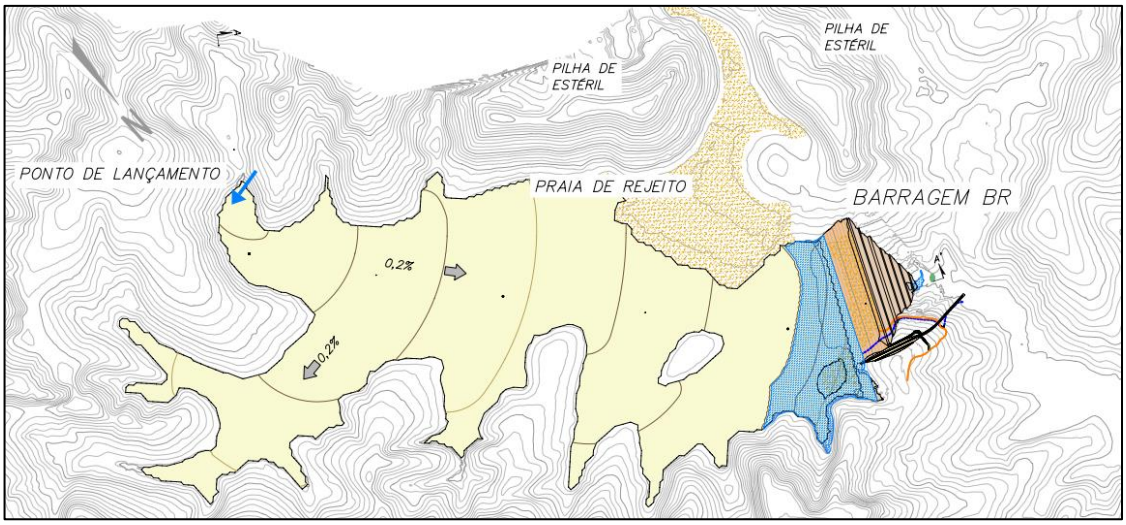


Figura 6.5 - Ocupação final do Reservatório da Barragem BR: 38,21.10⁶ m³ de rejeitos lançados e 0,39.10⁶ m³ de volume útil de água.

A seguir, na Tabela 6.2, são apresentadas as relações entre volume de rejeitos, sedimentos retidos e água ao longo da operação.

Tabela 6.2 – Variações de Volume de Rejeitos, Sedimentos e Água no Reservatório

Cenário	Volume de Sólidos (m³)	Volume de Rejeito (m³)	Volume de Sedimentos (m³)	Volume Água (m³)	NA (m)
1	3.683.953,27	3.342.082,41	341.870,86	28.683.021,65	1.201,91
2	7.354.231,33	6.687.202,55	667.028,78	24.521.301,73	1.201,77
3	11.010.926,38	10.017.740,82	993.185,56	20.579.023,33	1.201,66
4	14.703.570,36	13.378.778,67	1.324.791,69	16.599.241,08	1.201,50
5	18.405.198,12	16.741.368,21	1.663.829,91	13.531.354,59	1.201,49
6	22.129.624,09	20.109.189,41	2.020.434,68	11.643.876,32	1.201,62
7	25.881.073,02	23.481.897,55	2.399.175,47	10.893.036,33	1.201,93
8	31.453.253,65	28.496.647,80	2.956.605,84	5.497.516,96	1.201,90
9	33.389.033,96	30.213.736,83	3.175.297,13	4.471.232,82	1.201,94
10	42.363.471,43	38.211.851,23	4.151.620,20	389.736,42	1.202,00

6.3 BALANÇO HÍDRICO

A partir das premissas, critérios e metodologias apresentados, pôde-se obter o gráfico de evolução do Nível de Água do reservatório ao longo do período simulado, como apresentado na Figura 6.6.

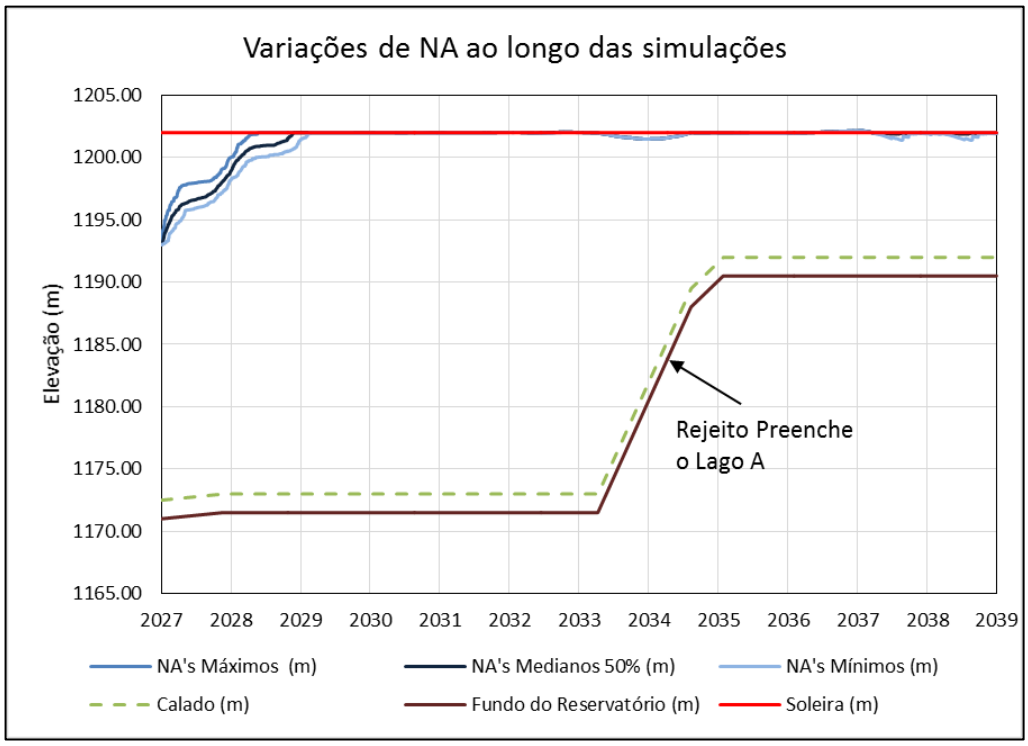


Figura 6.6 – Evolução do nível de água no reservatório ao longo de 12 anos de disposição de rejeitos

Quando o rejeito atinge o Lago A, local considerado para a captação de água, parte do reservatório passa a ser ocupada por rejeito, fazendo com que o fundo do reservatório se eleve.

O reservatório apresentou possibilidade de captação para a Usina dos 9.000 m³/h de maneira constante ao longo das simulações. Ao longo da simulação da operação verificou-se também a necessidade do bombeamento da vazão de 427,00 m³/h para a restituição a jusante do barramento. Todas as vezes que o vertimento pelo sistema extravasor indicou vazões superiores à 427,00 m³/h, o bombeamento da vazão de restituição foi desligado.

A Figura 6.7 mostra a frequência de operação do Bombeamento de Captação de água para a Usina e do Bombeamento da Vazão de Restituição do Córrego a jusante. Nota-se que não há necessidade de captação da vazão residual após o NA atingir a soleira do sistema extravasor. Isso se dá porque a vazão vertida pelo sistema extravasor se mostrou superior a vazão necessária de restituição a jusante. Observou-se que na maior parte do tempo não houve necessidade de captação da vazão de restituição.

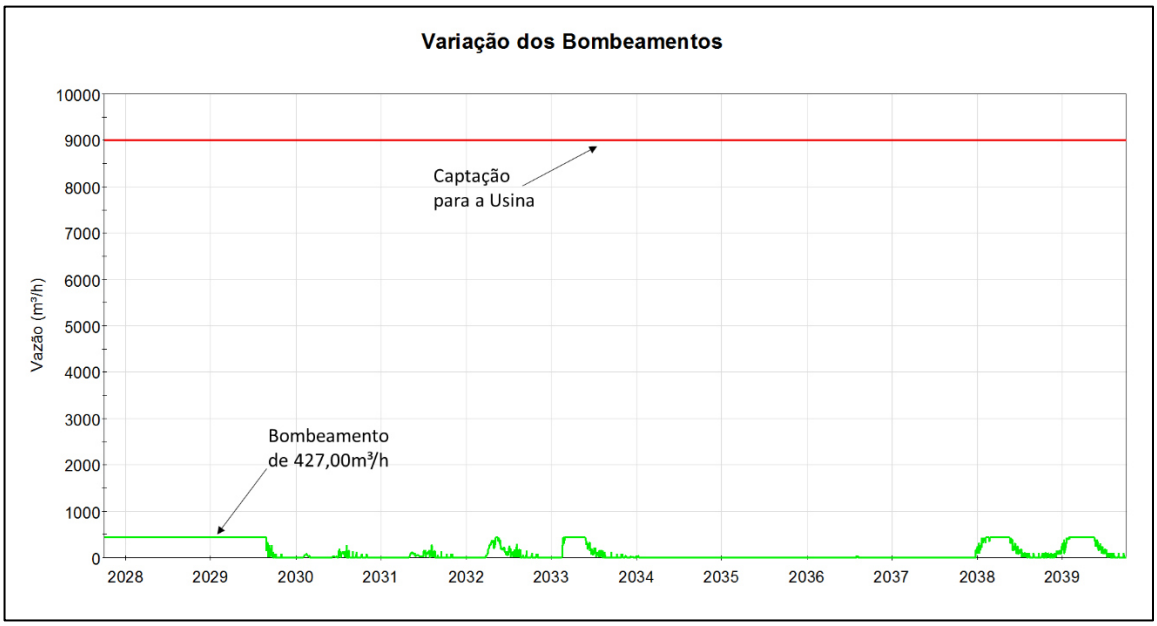


Figura 6.7 – Variação dos bombeamentos considerados na simulação

7.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Plano de Disposição de Rejeitos elaborado para a Barragem BR estudou vários cenários de disposição considerando o lançamento de rejeitos no Canal de Lamas em implantação no talvegue a montante do reservatório.

De posse dos resultados, observou-se que o reservatório comporta os 42,36.10^6 m³ de sólidos afluentes ao reservatório ao longo de 12 anos de operação com lançamento de rejeitos (de out-2027 até out-2039). Desses 42,36.10^6 m³, tem-se **38,21.10^6 m³ de rejeitos adensados** e 4,15.10^6 m³ de sedimentos provenientes do terreno no entorno da estrutura.

Foram realizadas duas análises frente ao bombeamento de água do reservatório para utilização na Usina: uma no período de pré-operação (2020-2027) e outra no período de operação (2027-2039). O reservatório não apresentou disponibilidade hídrica para o período de pré-operação para a **captação constante de 3.000 m³/h**. No período de pré-operação, mostrou-se possível a **captação constante de 1.000 m³/h**, valor obtido por meio de tentativas nas simulações.

Já para o período de operação da barragem para retenção de rejeitos, no qual tem-se uma afluência de água de aproximadamente 9.000 m³/h (78,61.10^6 ton/ano), a captação de **15.000 m³/h constantes mostrou-se inviável**, sendo indicado pela simulação o esvaziamento do reservatório no início da operação. Para a vazão de **9.000 m³/h de captação constante** o reservatório apresentou disponibilidade hídrica, não tendo problema na captação dessa vazão para a Usina.

Ressalta-se que **não foram exploradas regras de captação ou alternância nas captações** para otimizar-se a operação do reservatório.

Recomenda-se que seja feito monitoramento constante das variáveis utilizadas na disposição do rejeito no reservatório para validação da simulação. Dado que a taxa de geração de rejeitos pode variar ao longo do tempo devido a diferentes fatores, **a calibragem de uma simulação de disposição de rejeitos com dados medidos em campo, torna-se imprescindível para a validação desse estudo e melhor aproveitamento do reservatório**.

Dessa forma, sugere-se a medição *in loco* ao longo dos anos das seguintes variáveis:

- Controle diário da vazão da polpa de rejeitos lançada e seu teor de sólidos;
- Controle das características do rejeito após depositado (índice de vazios e densidade dos grãos);
- Precipitação diária dentro da área de drenagem da barragem;
- Vazão efluente do dreno interno do maciço da barragem;

- Variações do Nível de Água diários;
- Batimetria semestral ou anual do reservatório;
- Topografia semestral ou anual da praia de rejeitos;

De posse desses dados, pode-se alimentar o modelo aqui apresentado de simulação de disposição de rejeitos de forma a obter-se um maior controle do funcionamento do reservatório. Dessa forma, poder-se-á adotar as estratégias mais econômicas em função das diferentes variações dos fatores que envolvem o gerenciamento de uma barragem de contenção de rejeitos.

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hidrosistemas. 1993. Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais. 1ª Edição, Hidrosistemas, Belo Horizonte/MG. 264p.

PINHEIRO, M.C. (2011). Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração. Editora ABRH, Porto Alegre, RS, 308 p.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de Vazões. ABRH-EPUSP, 1ª edição, Porto Alegre, RS, 2002.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. ABRH-EPUSP, 1ª edição, Porto Alegre, RS 1993.

9.0 APÊNDICE

Para a realização do Balanço Hídrico, mostra-se necessária uma série histórica de vazões afluentes ao reservatório. Devido à ausência de registros de dados fluviométricos no local de interesse, faz-se necessário um estudo de vazões em estações fluviométricas próximas.

A obtenção das vazões afluentes foi feita pela transformação da chuva em vazão, baseadas no coeficiente de escoamento superficial para a bacia. Portanto, foi definida uma estação pluviométrica com dados representativos para a área de interesse e foi feita uma transformação chuva-vazão com esses dados para obtenção de uma série histórica de vazões.

Os estudos foram baseados na obra apresentada pela HIDROSSIETMAS (1993) para a COPASA buscando-se apresentar os deflúvios superficiais no estado de Minas Gerais.

9.1 ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRCIAS NA ÁREA DE INTERESSE

Avaliando-se as estações pluviométricas próximas da área de interesse, observa-se que a estação mais próxima está no município de Tapira, utilizou-se da sua série histórica como representativa para a área de drenagem na simulação do balanço hídrico. As características das estações em estudo encontram-se na Tabela 9.1.

Tabela 9.1 – Estações próximas à Barragem BR analisadas para os estudos

Código	Nome	Município	Responsável	Período	Latitude	Longitude	Dist. (km)	El. (m)
1946011	Tapira	Tapira	ANA	1974-2019	S 19°55'37.00"	W 46°49'31.00"	7,85	-
2047042	Usina São Joaquim	São Joaquim da Barra	DAEE-SP	1931-1971	S 20° 0'0.00	W 47° 0'0.00	24,52	600,0
1946019	Argenita	Ibiá	ANA	2000-2019	S 19°40'30.00	W 46°40'58.00	24,76	950,0
2047037	Desem-boque	Sacramento	ANA	1971-2019	S 20° 0'49.00"	W 47° 1'9.00"	27,11	960,0
1946001	Barreiro do Araxá (INMET)	Araxá	ANA	1941-1943	S 19°36'0.00"	W 46°53'60.00"	29,55	975,0
1946002	Araxá (INMET)	Araxá	ANA	1941-1978	S 19°34'60.00"	W 46°53'60.00"	31,43	950,0
1947025	Itaipu	Araxá	ANA	2000-2019	S 19°36'1.00"	W 47°12'32.00"	49,55	-

Devido à distância e à grande quantidade de dados apresentados, foi selecionada a estação Tapira (1946011) para a realização do estudo de vazões afluentes ao reservatório. A Figura 9.1 apresenta as estações utilizadas.

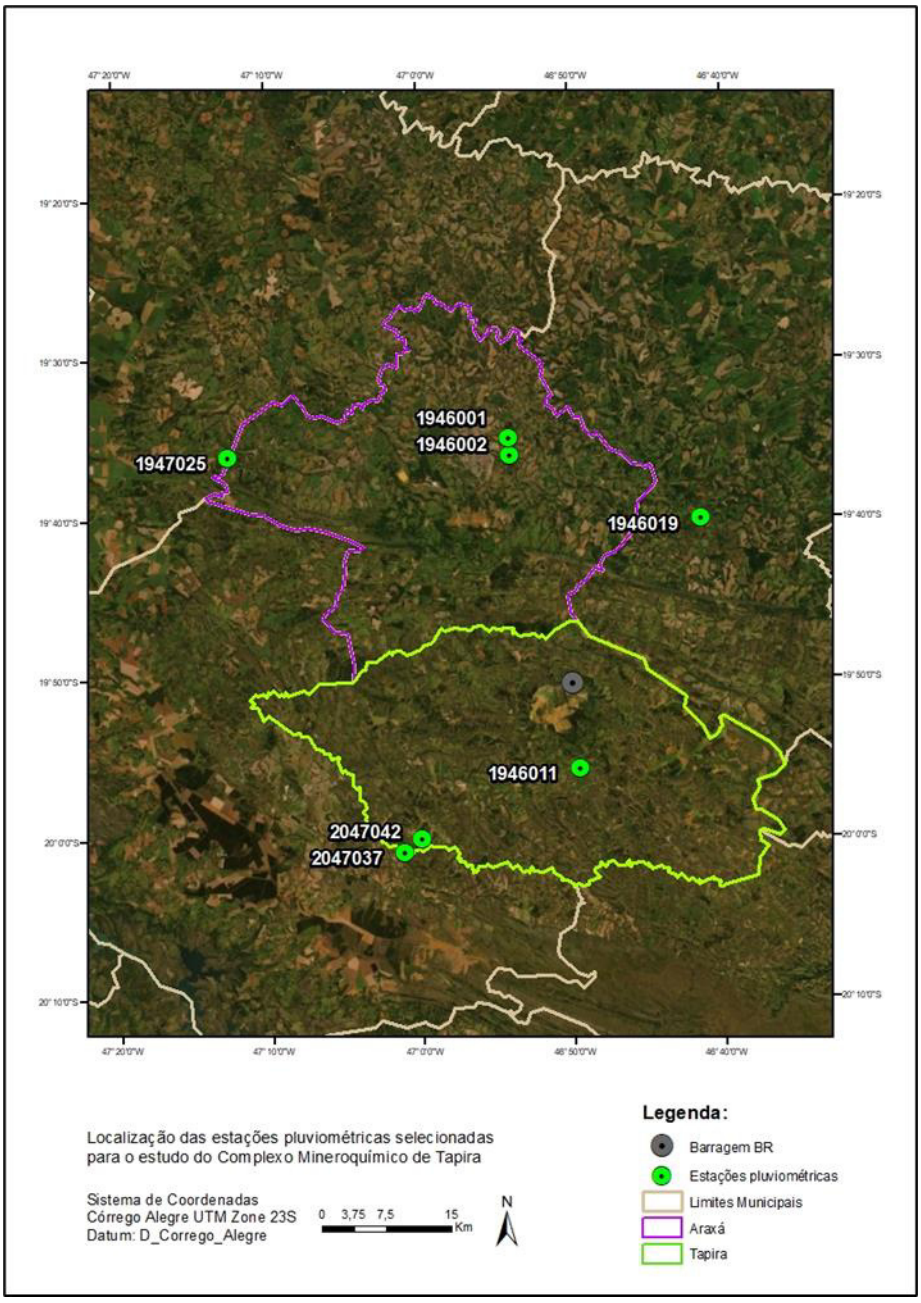


Figura 9.1 – Estações no entorno da Barragem BR analisadas para composição da série histórica utilizada no Balanço Hídrico.

9.2 TRANSFORMAÇÃO CHUVA-VAZÃO

O tratamento das precipitações consistiu na obtenção das precipitações diárias ao longo de todos os anos observados na estação. Utilizou-se como critério para a exclusão de anos de registro qualquer ano que apresentasse um período de 7 dias seguidos ou mais sem a

presença de dados. Dessa forma, dos 42 anos de dados disponíveis, foram utilizados 34 anos de dados, haja visto que 9 anos apresentaram falhas.

De posse dos dados tratados, obteve-se a vazão correspondente a cada um dos meses restantes pela razão do produto entre a precipitação diária medida, o coeficiente de escoamento superficial obtido, além da área de drenagem da bacia e o período de tempo de um dia. O resumo do cálculo e apresentado a seguir, na Equação 9.1.

$$Q_n = \frac{P_{diária} . C_{runoff} . A}{\Delta t} \qquad \text{Equação 9.1}$$

Em que,

- Q_n denota vazão afluente relativa à precipitação do dia n (m³/s);
- $P_{diária}$ denota precipitação do dia n (m);
- C_{runoff} denota coeficiente de escoamento superficial;
- A denota área de drenagem da bacia (m²);
- Δt denota tempo decorrido em um dia (s).

A série de precipitações utilizada para a obtenção das vazões pelo software estão apresentadas na Figura 9.2 a seguir.

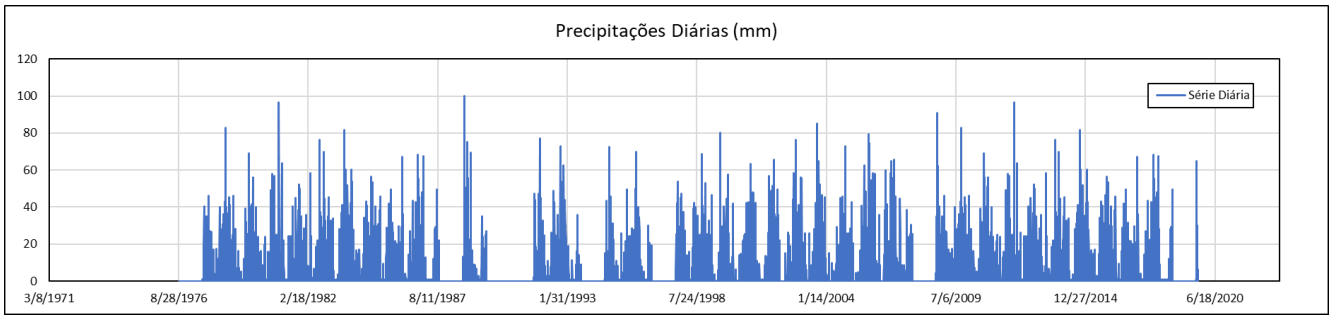


Figura 9.2 – Série pluviométrica diária de precipitações da estação 1946011

Para determinar o coeficiente de escoamento superficial, utilizou-se dos estudos apresentados em HIDROSSITEMAS (1993). Os estudos apresentam o rendimento específico médio de longo termo para todo o estado de Minas Gerais.

O Rendimento Específico Médio de Longo Termo representa a capacidade de geração de escoamento em função da área de drenagem. Ele é expresso pela razão entre a vazão média de longo termo em um determinado local e sua área de drenagem.

O estudo da HIDROSSISTEMAS (1993) consistiu na avaliação de dados de estações fluviométricas disponíveis e a classificação de todo o estado de Minas Gerais quanto às razões entre as vazões médias de longo termo e a área de drenagem de cada estação. Dessa maneira foi gerado um mapa de rendimentos específicos para todo o estado.

O mapa rendimento específico médio é apresentado na Figura 9.3, com destaque para a localização da Barragem BR. A barragem localiza-se na linha de rendimento específica médio de 27,5 l/(s.km²).

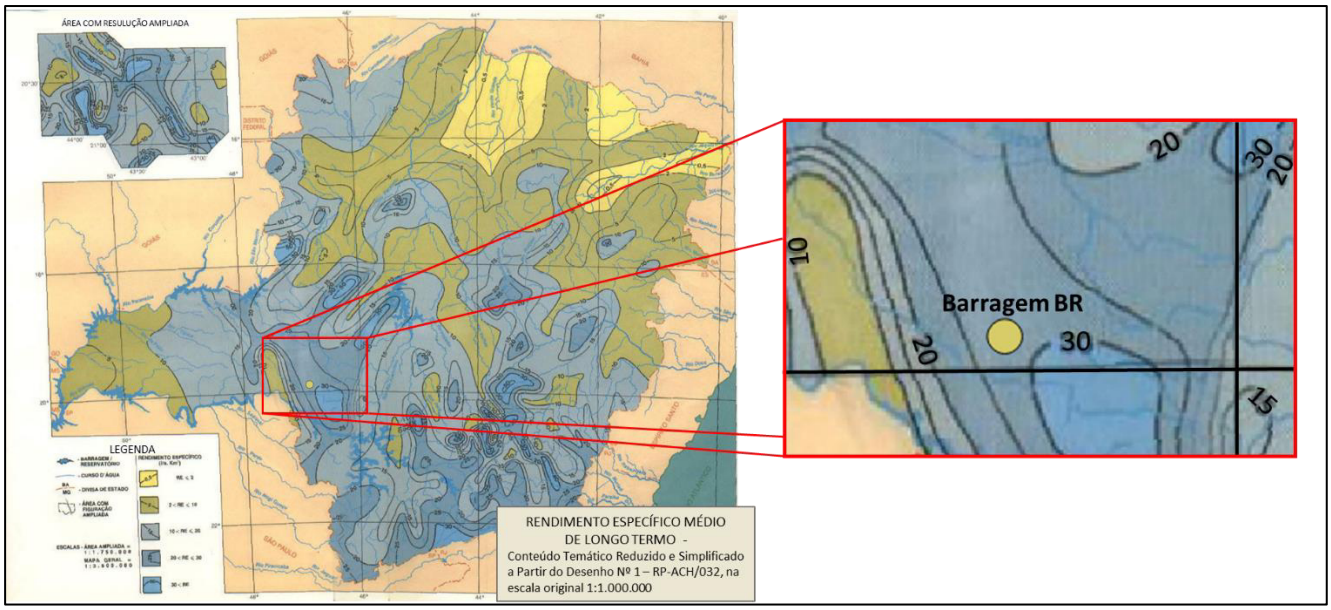


Figura 9.3 - Rendimento Específico Médio de Longo Termo para a área da Barragem BR
Fonte: Adaptado de Hidrossistemas, 1993.

Logo, a vazão média de longo termo, em m³/h, pode ser calculado como apresentado na Tabela 9.3.

Tabela 9.2 - Cálculo da vazão de restituição

Área de Drenagem (km²)	Rendimento Médio de Longo Termo (l/(s.km²))	Vazão Mínma (l/s)	Vazão Média de Longo Termo Considerada (m³/h)
14,86	27,50	408,65	1.471,14

Para a geração da série de vazões, considerou-se que a vazão média da série de vazões afluente ao reservatório deveria resultar na vazão média de longo termo esperada para a Barragem BR. Logo, utilizando-se da Equação 9.1 e a série de precipitações apresentada na

Figura 9.3, variou-se o valor de C_{runoff} para a obtenção de uma série de vazões com média igual a Vazão Média de Longo Termo calculada. O valor do coeficiente resultante foi de 0,39 e a série de precipitações e vazões utilizadas na simulação são apresentadas na Figura 9.4.

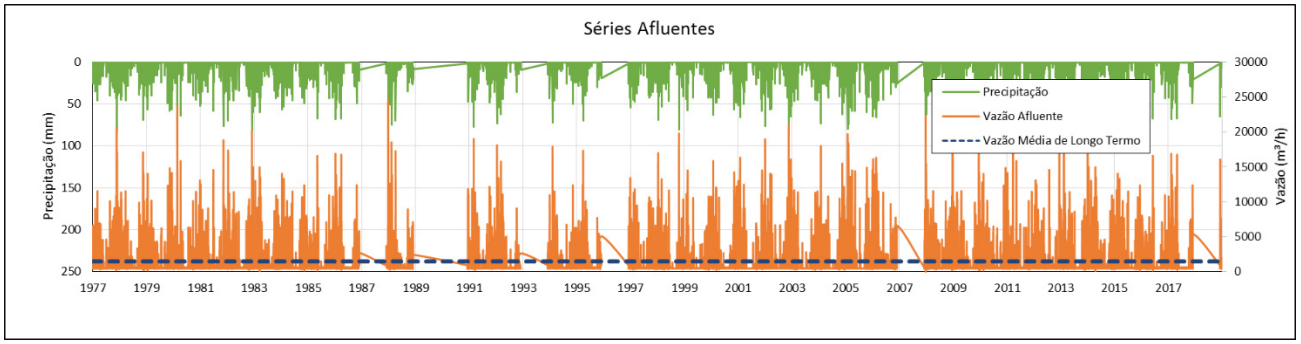


Figura 9.4 – Série de vazões e precipitações afluentes ao reservatório utilizada na simulação

9.3 VAZÃO RESIDUAL DA BARRAGEM

A partir da obra apresentada pela HIDROSSISTEMAS (1993), tem-se as vazões mínimas específicas para recorrências de 10 anos para todo o estado de Minas Gerais. A partir do mapa de distribuição de vazões específicas, apresentado em l/(s.km²), apresentado na Tabela 9.3, nota-se que a Barragem BR localiza-se na região de 8,0 l/(s.km²).

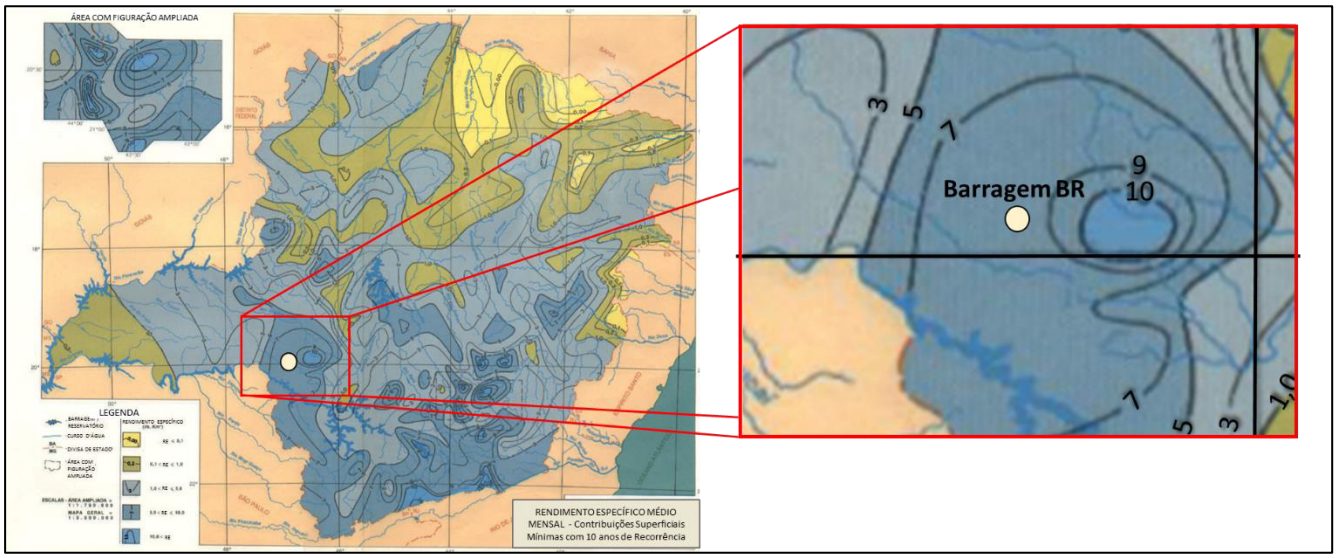


Figura 9.5 – Rendimento específico mínimo com recorrência de 10 anos na área de estudos da Barragem BR
Fonte: Adaptado de Hidrossistemas, 1993.

Logo, o bombeamento de restituição necessário, em m³/h, pode ser calculado como apresentado na Tabela 9.3.

Tabela 9.3 - Cálculo da vazão de restituição

Área de Drenagem (km²)	Rendimento Mínimo (l/(s.km²))	Vazão Mínma (l/s)	Vazão Mínma de Restituição Considerada (m³/h)
14,86	8,00	118,88	427,00

9.4 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Foi feita uma caracterização da bacia de contribuição da Barragem BR com base no uso e ocupação do solo, como mostrado na Figura 9.6. A fim de se comparar o valor obtido com os valores da literatura, Os coeficientes utilizados para cada tipo de solo são apresentados na Tabela 9.4, baseados nos valores apresentados por Pinheiro (2011) para utilização no Método Racional de dimensionamento de vazões.

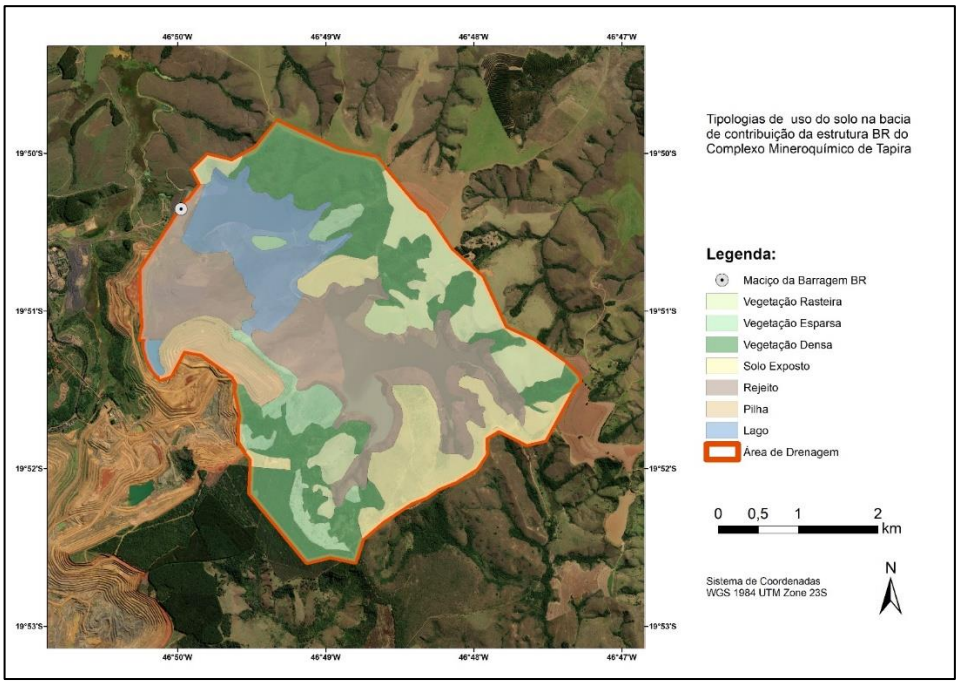


Figura 9.6 - Tipologias de Uso e Ocupação do Solo utilizadas na composição do coeficiente de escoamento superficial

Tabela 9.4 – Ponderação dos coeficientes de Uso e Ocupação do Solo na composição do coeficiente de escoamento superficial

TIPO DE USO DO SOLO	C r.off	Áreas(m²)	C*Áreas
Pilha	0.40	637919.00	255167.60
Rejeito	0,40	3483727,00	1393490,80
Solo exposto	0,52	2480840,00	1290036,80
Vegetação densa	0,12	3142807,00	377136,84
Vegetação esparsa	0,38	1375554,00	515832,75
Vegetação rasteira	0,40	1972269,00	788907,60
Espelho de água	1,00	1762993,00	1762993,00
C ponderado		**(ΣC*Áreas)/(ΣÁreas)**	**0,43**

Nota-se que utilizando-se os coeficientes de escoamento superficial apresentado na literatura para o cálculo do coeficiente ponderado da bacia de contribuição da Barragem BR, tem-se um valor próximo do obtido pela metodologia apresentada anteriormente.

9.5 TAXA DE GERAÇÃO DE SEDIMENTOS

Através das áreas apresentadas na Figura 9.6 pôde-se compor as taxas de assoreamento do reservatório pela geração de sedimentos oriundos da bacia de contribuição. Para sua composição, utilizou-se como base o valor de 600 m³/(ha.ano), apresentado em Pinheiro (2011) para áreas de mineração intensa, como apresentado na Tabela 9.5.

Tabela 9.5 – Composição da Taxa de Assoreamento do reservatório a partir dos tipos de uso e ocupação do solo considerados para a bacia

TIPO DE USO DO SOLO	Taxa [m³/(ha.ano)]	Áreas (ha)	T*Áreas (ha)
Cava, Solo Exposto	600	248,084	148850,4
Pilha, urban., campo sujo e pastagem	300	398,5742	119572,26
Vegetação densa	30	314,2807	9428,421
Lago	0	0	0
Taxa ponderada	**(ΣT*Áreas)/(ΣÁreas)**	**289,15**	

10.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO	
Razão social: DF + ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HIDRICOS **CNPJ**: 07.214.006/0001-00	http: www.dfmais.eng.br
Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.com.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554, 5º Andar - 30 494 270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001	

EQUIPE TÉCNICA DA DF+		
ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS		
TÉCNICO	**ÁREA DE ATUAÇÃO**	**RESPONSABILIDADE**
Thiago Oliveira	Geotecnia	Coordenação e Revisão
Júnio Fagundes	Geotecnia	Revisão do documento
Marcus Cruz	Recursos Hídricos	Revisão do documento
Múcio Correa	Recursos Hídricos	Elaboração dos Estudos e do Relatório

Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar

Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270

Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002

www.dfmais.eng.br

REVISÕES

TE: TIPO EMISSÃO — A - PRELIMINAR; B - PARA APROVAÇÃO; C - PARA CONHECIMENTO; D - PARA COTAÇÃO; E - PARA CONSTRUÇÃO; F - CONFORME COMPRADO; G - CONFORME CONSTRUÍDO; H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	EMISSÃO INICIAL	LF/MJ/SS	TO/JF	TO	OM	02/10/20
0	C	ATENDIMENTO A COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO	LF/MJ/SS	TO/JF	TO	OM	20/10/20
1	C	APROVADO – ATENDIMENTO A COMENTÁRIOS - REVISÃO DO ITEM 9.2.2	LF/MJ/SS	TO/JF	TO	OM	21/10/20

SUMÁRIO

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.0	INTRODUÇÃO	4
2.0	OBJETIVO	5
3.0	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	5
4.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	18
5.0	CÓDIGOS E NORMAS	21
6.0	PREMISSAS E CRITÉRIOS	22
7.0	ESTUDOS GEOLÓGICOS	22
8.0	INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS	31
9.0	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	42
10.0	ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	58
11.0	ALTEAMENTO PARA A ELEVAÇÃO 1210 M	95
12.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
13.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
14.0	EQUIPE TÉCNICA	144
APÊNDICES		145
ANEXOS		146

1.0 INTRODUÇÃO

A DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela MOSAIC Fertilizantes para elaborar o Projeto Detalhado de Alteamento da Barragem BR. Esta estrutura encontra-se localizada no município de Tapira, estado de Minas Gerais, a aproximadamente 415 km da capital mineira, podendo o acesso ser feito pela rodovia BR-146.

O presente relatório, apresenta o alteamento da Barragem BR, em nível detalhado, para a elevação 1210 m. O método executivo adotado foi o de linha de centro, com o uso de rejeito de magnetita compactada com controle de compactação, carregada do pátio de deposição para composição do paramento de jusante. Para manutenção da praia, foi considerado o lançamento de rejeitos de flotação, a partir da crista da estrutura, de forma espigotada.

Juntamente ao projeto detalhado de alteamento, foi elaborado também o plano de disposição de rejeitos e o dimensionamento e elaboração do projeto executivo do canal de lamas.

O plano de disposição de rejeitos foi elaborado de forma a considerar a máxima ocupação volumétrica do reservatório, através de um ponto de lançamento de rejeitos ultrafinos mais lamas no reservatório e a variação de ocupação do reservatório a cada ano, considerando um horizonte total de 10 anos. Os rejeitos ultrafinos mais lamas serão conduzidos através de rejeitodutos a partir da planta de concentração até o canal de lamas, onde os mesmos serão transportados de forma gravitacional até o ponto de lançamento escolhido. Este estudo encontra-se apresentado no relatório DF19-263-1-EG-RTE-0002.

O canal de lamas foi projetado levando em consideração o dimensionamento hidráulico seguro, a compatibilização com o plano de disposição, as premissas da Mosaic em relação à geometria do mesmo e ainda a elaboração de acesso com vista a permitir a manutenção do canal.

Inicialmente, as premissas do projeto acordadas entre a DF+ e à Mosaic previa que toda a geometria do maciço seria elaborada de forma a atender a condição de fator de segurança mínimo (F.S. mín) de 1,5 para a condição não drenada, considerando a resistência ao cisalhamento de pico.

No entanto, diante da resolução n° 32, de 11 de maio de 2020 que altera a portaria ANM 70.389, mais especificamente em seus artigos 5° e 6°, e visando a mitigação do modo de falha por liquefação da BR, a DF+ foi contratada pela Mosaic com a finalidade de elaborar o projeto de alteamento com o intuito de mitigar o modo de falha por liquefação.

Com isso, tornou-se necessário o dimensionamento e elaboração de novo maciço, tendo este relatório o intuito de apresentar os novos estudos que subsidiaram a definição da nova geometria a partir desta nova premissa, além de apresentar o projeto proposto.

2.0 OBJETIVO

Apresentar o projeto de alteamento da Barragem BR para a elevação 1210,0 m com a premissa de mitigação do modo de falha por liquefação, além dos estudos geológicos, hidrológicos e geotécnicos que subsidiaram a definição do mesmo.

3.0 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

3.1 HISTÓRICO

A Barragem BR foi concebida com a finalidade de contenção de rejeitos. O seu reservatório ocupa uma parcela considerável da área de drenagem da bacia, estando seccionado ao meio pelos rejeitos lançados na sua ombreira esquerda.

O projeto inicial do dique de partida e do primeiro alteamento foram elaborados pela Paulo Abib Engenharia, em 1982, atingindo a elevação de 1.180 m.

Segundo o relatório “Sistemas de Deposição de Rejeitos – Relatório” a respeito do Projeto inicial da Barragem BR, de número 000-511-008, elaborado pela Paulo Abib Engenharia, a Barragem BR está localizada no Córrego Boa Vista. Sua ombreira esquerda caracteriza-se por baixas declividades – de 8 a 10°, enquanto a direita apresenta topografia relativamente irregular, com declividades de até 45°.

O mesmo documento relata que a ombreira esquerda era recoberta por uma camada de argila coluvionar de 1 m pode variar a pouco mais de 3 m de espessura, no entanto a abertura de trincheira para implantação do extravasor, em sua etapa inicial, acabou por praticamente eliminar o solo coluvionar da área sob o dique inicial de argila.

Subjacente ao colúvio, existe o solo residual de Filito. O mesmo relatório relata que a capacidade de suporte deste material era considerada adequada ao apoio do dique inicial e maciço principal.

Na zona do canal do córrego, o grande problema era a ocorrência de aluviões argilosos de baixa consistência, cuja remoção era indispensável, tanto sob o dique inicial, como sob o maciço principal. Sua espessura chegava a atingir 8 m na margem esquerda.

Na ombreira direita, o solo residual tendia a aflorar. No relatório, foi relatada a preocupação com a existência de uma intercalação de quartzito de direção perpendicular ao eixo da barragem, de elevado coeficiente de permeabilidade em torno de 10^{-3} a 10^{-2} cm/s.

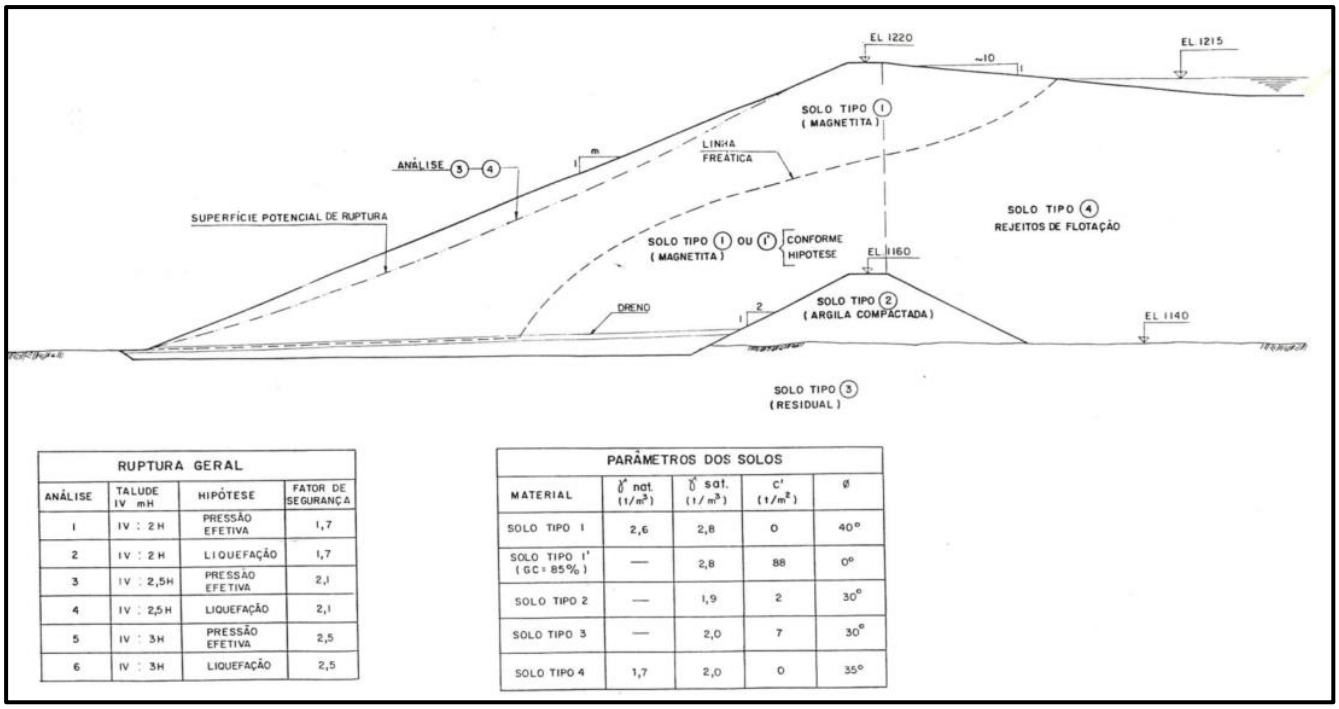
Quanto ao dique inicial, relatou-se que o solo coluvionar existente na ombreira esquerda foi selecionado para a execução do mesmo, face à sua boa compactabilidade e propriedades mecânicas.

Ainda com relação ao dique inicial, o documento informa que a elevação 1.160 m foi escolhida para a crista do dique, tendo em vista propiciar um dimensionamento econômico do sistema extravasor. O material escolhido foi argila vermelha coluvionar, disponível localmente. A jusante do eixo, como material de preenchimento da escavação para limpeza de fundações, previu-se o emprego de magnetita proveniente da usina industrial. Segundo o relatório, tratava-se de um material permeável da ordem de 10^{-3} cm/s e disponível a distância razoável da barragem. Este material foi estendido a jusante em todo o preparo de fundações, a fim de facilitar os trabalhos de alteamento.

É informado que foram projetados tapetes filtrantes de pedra britada, visando o alteamento da barragem até a cota 1.180,0 m. A fim de se evitar a colmatação dos vazios da brita por partículas finas de solo local e magnetita a ser empregada no alteamento, foram projetadas transições granulométricas de pedrisco e areia, e mantas filtrantes de geotêxtil.

Para o alteamento, foi empregada a opção pelo método de linha de centro, onde no maciço de jusante, empregaria magnetita ciclonada no corpo da barragem, enquanto à montante seriam lançados rejeitos de flotação hidraulicamente a partir da crista, por meio de “spigots”.

A Figura 3-1 apresenta uma imagem da seção principal utilizada na execução das análises de estabilidade e os parâmetros utilizados à época, enquanto na Figura 3-2 está apresentado o detalhamento da seção principal.



RUPTURA GERAL

ANÁLISE	TALUDE IV mH	HIPÓTESE	FATOR DE SEGURANÇA
1	IV : 2H	PRESSÃO EFETIVA	1,7
2	IV : 2H	LIQUEFAÇÃO	1,7
3	IV : 2,5H	PRESSÃO EFETIVA	2,1
4	IV : 2,5H	LIQUEFAÇÃO	2,1
5	IV : 3H	PRESSÃO EFETIVA	2,5
6	IV : 3H	LIQUEFAÇÃO	2,5

PARÂMETROS DOS SOLOS

MATERIAL	δ nat. (t/m³)	δ sat. (t/m³)	C' (t/m²)	ø
SOLO TIPO 1	2,6	2,8	0	40°
SOLO TIPO 1' (GC = 85%)	—	2,8	88	0°
SOLO TIPO 2	—	1,9	2	30°
SOLO TIPO 3	—	2,0	7	30°
SOLO TIPO 4	1,7	2,0	0	35°

Figura 3-1 – Seção principal e resultados das análises de estabilidade (Paulo Abib, 1983)

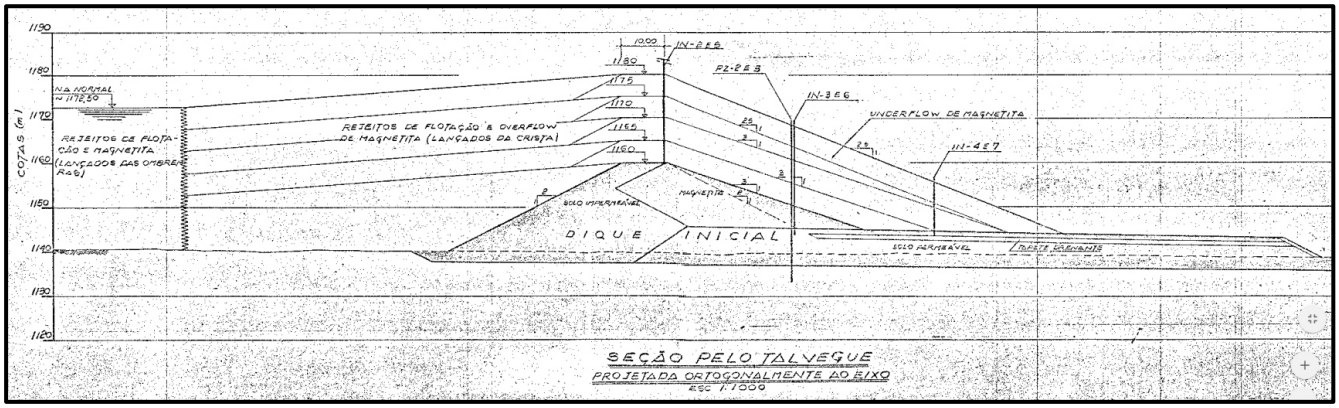


Figura 3-2 – Detalhamento da seção principal (Paulo Abib, 1983)

De acordo com o Relatório Técnico "*As Is*", elaborado pela Walm em 2019 (WBH122-17-MOSC041-RTE-0017), à medida que o reservatório passou a ser ocupado, foram observadas movimentações na galeria extravasora, ocasionadas possivelmente pelas condições adversas da sua fundação e agravadas pelo período chuvoso durante sua construção.

O último alteamento realizado corou a crista na elevação 1.200 m, com projeto elaborado pela Leme Engenharia, em 1998. Não foram encontrados documentos sobre os projetos deste alteamento. A Figura 3-3 apresenta uma imagem obtida pela Google Earth em maio de 2018, onde está apresentada a situação na barragem àquela época.



Figura 3-3 - Barragem BR - Elevação 1.200,0 m (Fonte: Google earth, 2018)

A Geocontrole elaborou em 2017 o projeto detalhado para altear a Barragem BR até a elevação 1.205 m, porém a obra não foi executada. Ainda assim, muitas informações levantadas até o momento vêm sendo utilizadas do mesmo.

Em 2019 foi realizada a obra de reforço no pé da Barragem BR, para que a mesma atingisse os valores normativos de Fatores de Segurança preconizados na NBR 13.028:2017. A obra consistiu na construção de uma berma de reforço utilizando enrocamento compactado até a elevação 1.150,0 m. Sobrejacente ao enrocamento, foram executadas camadas de magnetita compactadas até a elevação 1.160,0 m, transicionadas por uma camada de brita 3, brita 0 e areia. A Figura 3-4 apresenta uma imagem de satélite da Barragem, obtida pelo Google Earth, datada de agosto de 2019, após a execução do reforço.



Figura 3-4 - Barragem BR - Elevação 1.200,0 m, após as obras de reforço (Fonte: Google earth, 2019)

Ainda em 2019, a DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela MOSAIC Fertilizantes para elaborar o Projeto Conceitual de Alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210 m e 1.230 m, respectivamente, e também o Projeto Executivo de Alteamento da Barragem BR, para a elevação 1.210 m.

Este relatório tem como objetivo apresentar o Projeto Detalhado de Alteamento para a elevação 1.210,0 m. Vale destacar que todo o projeto foi dimensionado e verificado para tornar possível um futuro alteamento da estrutura em tela para a elevação 1230,0 m.

3.2 LOCALIZAÇÃO

A Barragem BR foi implantada na cabeceira do córrego Boa Vista e encontra-se locada à montante da Barragem BD5. Ambas estruturas fazem parte do Complexo de Mineração de Tapira.

A Barragem BR é uma das estruturas pertencentes ao complexo com a finalidade principal de contenção de solos carreados da usina e mina no processo de beneficiamento do minério fosfático. Na Figura 3-5 é apresentada a localização da Barragem BR junto ao Complexo de Mineração Tapira.

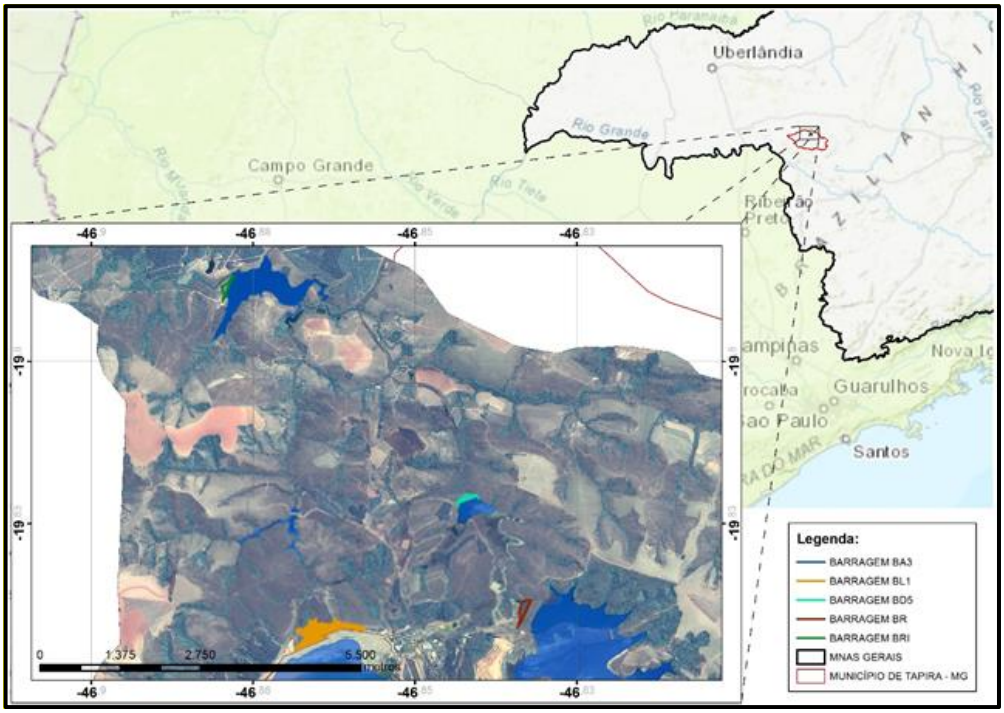


Figura 3-5 – Complexo de Mineração Tapira com destaque para a estrutura BD5 (Fonte: modificado de *VG17-092-EG-RTE-0067*).

A Figura 3-6 apresenta uma imagem de satélite da Barragem BR (Tapira) pertencente ao Complexo de Mineração de Tapira, e a Figura 3-7, a locação dos lagos pertencentes ao seu reservatório. De acordo com o inventário básico obtido no SGPSB da MOSAIC, as coordenadas da estrutura são dadas por: 308.051,70 E / 7.805.242,31 N (sistema SIRGAS 2000).



Figura 3-6 – Barragem BR, estrutura pertencente ao CMT (Fonte: Google Maps, 2019).

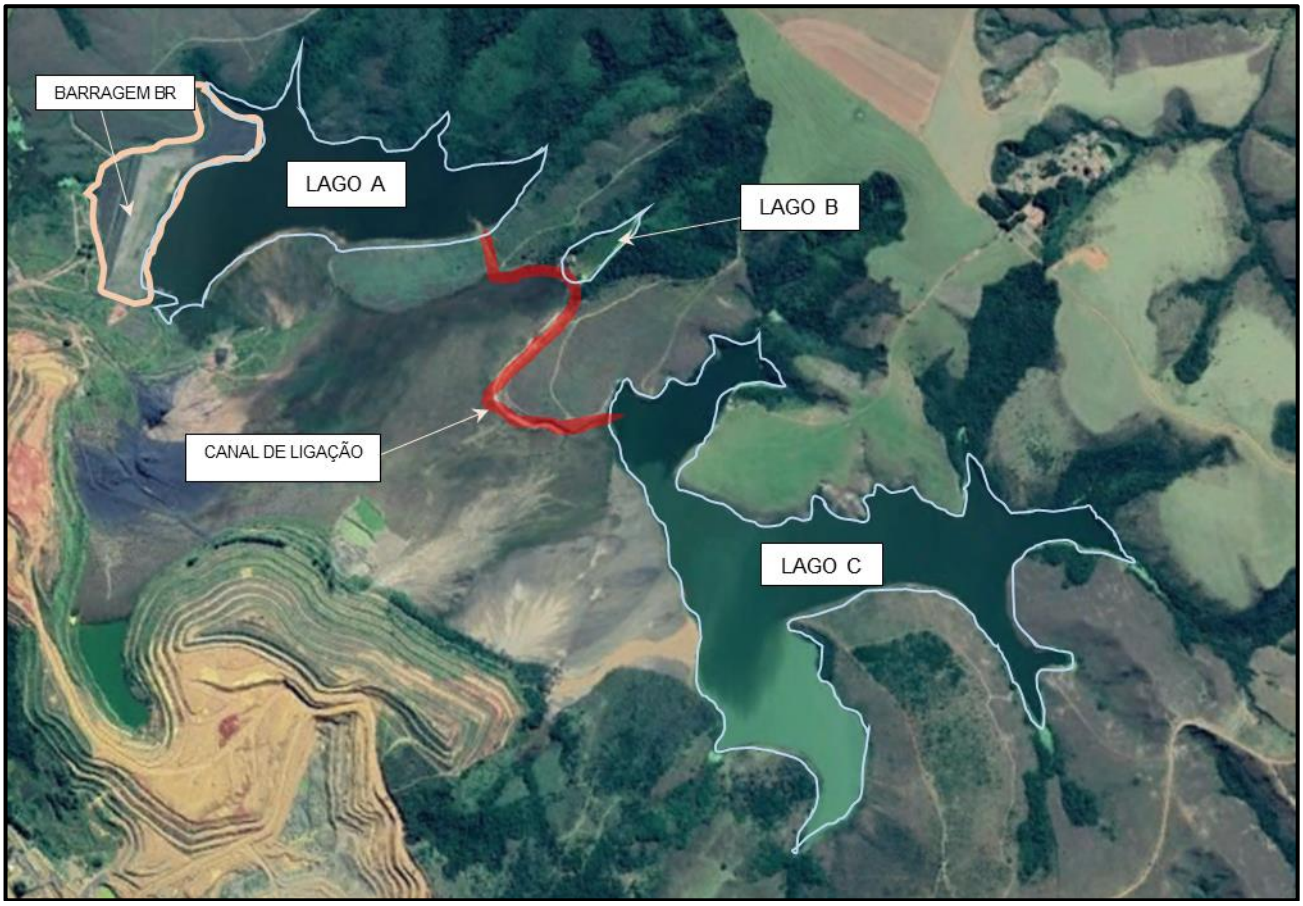


Figura 3-7 – Lagos pertencentes a estrutura da barragem BR (Fonte: Google Maps - Modificado).

3.3 FICHA TÉCNICA

A Tabela 3.1 resume as principais características da barragem, atualizadas segundo a última RISR, 1° ciclo de 2020 (WBH122-17-MOSC106-RTE-0014).

Tabela 3.1 – Ficha Técnica da Barragem.

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
Dados Gerais	
Finalidade	Contenção de rejeitos e captação de água
Empresas projetistas	- Dique Inicial: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alteamento cota 1180m: Paulo Abib Engenharia (1982) - Alteamento cota 1200m: Leme (1998) - Reforço: Walm (2019)
Construção – Etapas	Maciço Inicial / Alteamentos
Data de Construção	1982/1998
Cota da Crista	El. 1200 m
Extensão atual do coroamento	570 m
Altura Máxima	61 m
Volume atual do Reservatório	80.000.000 m³
Tipo de Seção	Mista (Maciço inicial em aterro compactado e alteamentos em magnetita)
Drenagem Interna	Tapete drenante (apesar de estar informado na RISR (2020), não foi identificado na investigação deste projeto)
Drenagem Superficial	Não possui dispositivos implantados
Instrumentação	5 piezômetros tipo Casagrande, 04 piezômetros elétricos, 18 indicadores de nível de água, 2 medidores de vazão, 14 drenos de encosta, 11 marcos superficiais, 1 régua, 1 pluviômetro e 1 evaporímetro
Hidrologia / Hidráulica	
Área da Bacia	15,67 km²
Tempo de Concentração	1,23h (Lago 1), e 0,53h (Lago 3)
Precipitação de Projeto	204,77 mm
Cheia de Projeto	TR 10.000 anos
Vazão Máxima Afluente	198,31 m³/s
Vazão de Projeto	22,36 m³/s
NA Normal Operacional	1.192,8 m
NA Máximo Maximorum	1.194,54 m
Borda Livre ($NA_{max,\ Maximorum}$)	5,46m
Estruturas Vertentes	
Vertedouro Operacional	Extravasor soleira livre e canal escavado em solo na ombreira direita, com parte de sua extensão.

3.4 INSTRUMENTAÇÃO EXISTENTE

A Barragem BR é monitorada por 05 (cinco) piezômetros tipo Casagrande, 04 (quatro) piezômetros elétricos, 14 (quatorze) indicadores de nível d'água, 04 (quatro) indicadores de nível d'água elétricos, 02 (dois) medidores de vazão, 10 (dez) marcos superficiais, 01 (uma) régua do reservatório. Os dados dos instrumentos são apresentados na Tabela 3.2 e a planta com a locação dos mesmos estão apresentados na Figura 3-8.

Tabela 3.2 – Dados dos instrumentos de monitoramento da Barragem BR

Instrumento	Coordenadas		Cota de topo (m)	Prof. (m)
	N	E		
INA-01	7.805.178,2	308.009,3	1.201,2	36,8
INA-02	7.805.270,1	308.048,9	1.201,1	40,8
INA-03	7.805.288,5	308.017,0	1.180,8	33,2
INA-04	7.805.294,3	307.993,5	1.170,4	26,9
INA-05	7.805.346,0	308.080,6	1.201,6	44,0
INA-06	7.805.352,7	308.046,4	1.182,1	36,2
INA-07	7.805.368,1	308.024,5	1.170,8	27,4
INA-08	7.805.435,3	308.118,4	1.201,8	39,8
INA-09	7.805.075,2	307.970,0	1.201,1	21,0
INA-101	7.805.421,06	308.063,48	1.177,26	28,27
INA-102	7.805.237,02	307.970,08	1.170,33	21,45
INA-103	7.805.226,61	308.009,29	1.190,00	43,25
INA-104	7.805.377,47	308.004,35	1.161,16	24,45
INA-105	7.805.307,45	307.973,03	1.161,07	18,45
INA-OD-01	7.805.537,6	308.004,0	1.187,1	17,6
INA-OD-02	7.805.524,4	307.990,9	1.177,9	10,9
INA-OD-03	7.805.508,3	307.974,8	1.171,9	13,5
INA-OE-01	7.805.263,9	307.900,0	1.163,9	13,5
PZ-101	7.805.426.39	308.065,08	1.177,2	31,1
PZE-102	7.805.357,86	308.049,90	1.182,30	50
PZE-103	7.805.371,55	308.027,94	1.171,02	36,11
PZE-104	7.805.286,76	308.016,10	1.181,20	34
PZE-105	7.805.296,22	307.997,49	1.171,10	46
PZ-106	7.805.240,83	307.971,57	1.170,52	26,09
PZ-107	7.805.380,83	308.006,05	1.161,15	29,07
PZ-108	7.805.302,99	307.971,33	1.161,01	23,12
PZ-109	7.805.230,36	308.011,48	1.190,03	47,3
MS-01	7.805.531,6	307.996,4	1.181,5	-
MS-02	7.805.525,8	307.989,2	1.177,9	-
MS-03	7.805.511,1	307.972,4	1.171,4	-
MS-04	7.805.177,6	308.008,3	1.200,7	-
MS-05	7.805.201,4	307.952,8	1.169,9	-
MS-06	7.805.269,7	308.048,0	1.200,2	-
MS-07	7.805.292,4	307.994,6	1.170,6	-
MS-08	7.805.307,6	307.957,0	1.155,3	-
MS-09	7.805.344,9	308.080,2	1.200,2	-
MS-10	7.805.366,7	308.025,0	1.170,5	-
MS-11	7.805.384,7	307.989,7	1.154,7	-
MV-2	-	-	-	-
MV-4	7.805.260,0	307.891,0	1.161,0	
RÉGUA	7.804.948,3	308.112,7	1.193,8	-

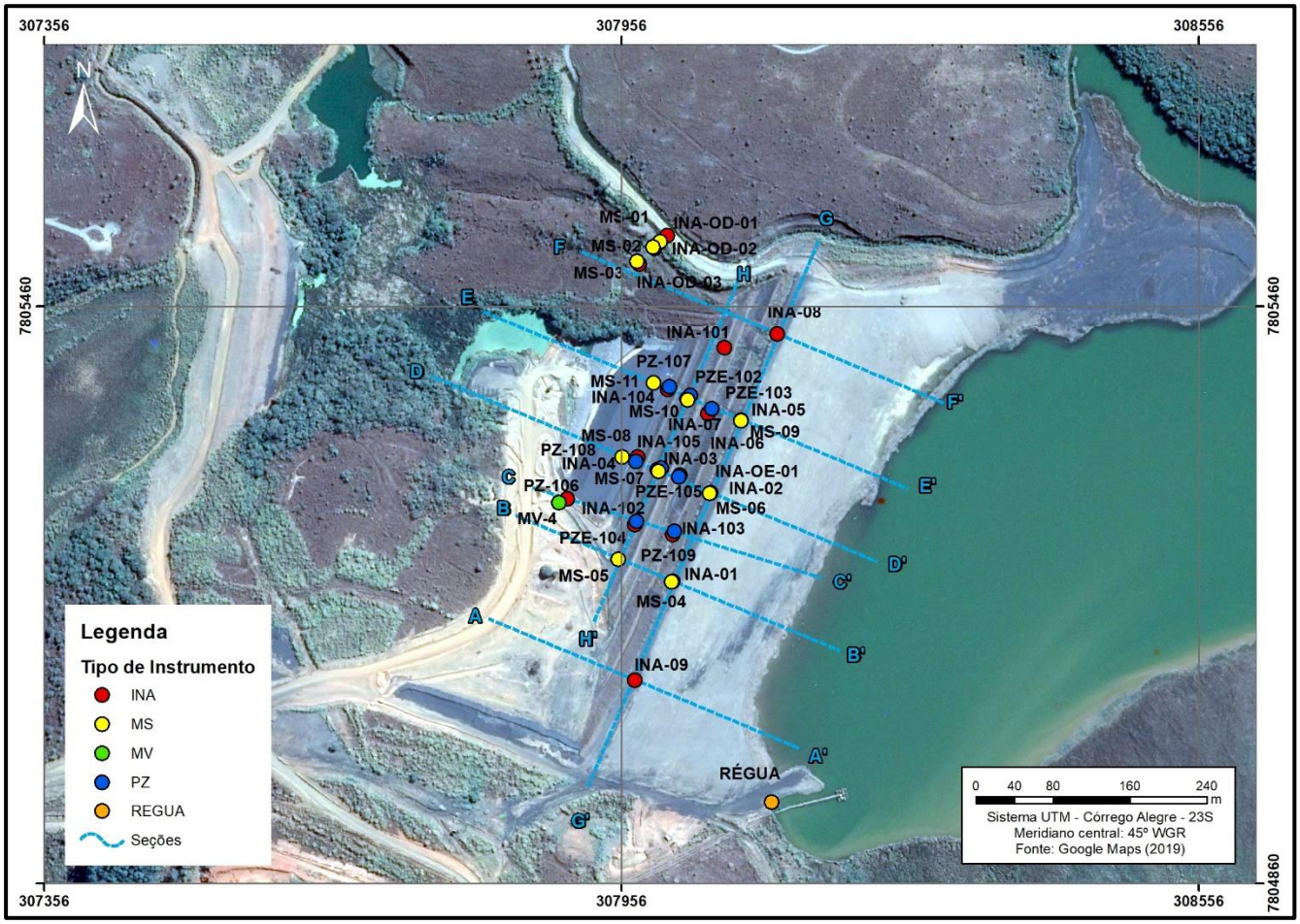


Figura 3-8 – Planta com locação da instrumentação – Barragem BR

3.5 OPERAÇÃO DA ESTRUTURA

Segundo o "Plano Diretor de Disposição de Rejeitos de Tapira – Estudo Conceitual – Preliminar", elaborado pela Geoconsultoria em 2018, documento FF60-RT-02, a operação da planta de concentração de Tapira gera os seguintes fluxos: concentrado, rejeitos de flotação, rejeitos de flotação ultrafinos, lamas naturais e geradas, e rejeitos magnéticos (magnetita).

As lamas e os rejeitos ultrafinos são bombeados e depositados no reservatório da barragem BL-1. Os rejeitos magnéticos são bombeados e depositados no reservatório da barragem BR. Os rejeitos de flotação são parcialmente depositados na barragem BL-1, para uso no alteamento da mesma, e o restante é bombeado e depositado no reservatório da barragem BR.

O documento apresenta a previsão de geração de rejeitos e lamas entre os anos de 2018 e 2056. De forma suscinta, os volumes previstos são:

- Lamas + Ultrafinos: 190,5 Mm³

- Magnetita: 20,6 Mm³
- Rejeitos: 152,6 Mm³

É informado no relatório que, de todos os fluxos de rejeitos e lamas indicados, a disposição das lamas seria a mais complicada, e a disposição da magnetita a mais simples.

No caso das lamas, por serem materiais muito finos, apresentam características de adensamento pobre, com maior dificuldade de clarificação da água liberada, não servindo como material de construção, além de serem dificilmente desaguadas.

A magnetita, ou rejeitos magnéticos, são mais grosseiros, densos, servem como material de construção, são drenantes, adensam facilmente e podem ser empilhados, mesmo que não sejam filtrados, dada sua elevada condutividade hidráulica.

Os rejeitos de flotação seriam intermediários, entre as lamas e a magnetita, mas próximos desta última, por serem mais grosseiros que as lamas e, quando ciclonados, permitem que o material seja utilizado como material de construção. Por serem drenantes, podem ser empilhados e compactados, não necessitando de filtragem. Sem ciclonagem também podem ser desaguados, mas com processo de filtragem. No caso de ciclonagem, o overflow tem características próximas das lamas, mas ainda melhores que estas, sendo geralmente utilizado para a formação de praias nos alteamentos das barragens por linha de centro ou de montante.

No caso da Unidade de Tapira, o documento conclui que os reservatórios das barragens deveriam ser preferencialmente destinados para as lamas. Os rejeitos poderiam ser ciclonados, o underflow empilhado e o overflow ficariam junto às lamas ou os mesmos poderiam ser filtrados e empilhados. A magnetita poderia ser apenas desaguada e empilhada.

A partir destas considerações, o documento pondera que a diretriz do plano diretor de rejeitos da unidade Tapira poderia ser conceituada da seguinte maneira:

- As lamas deveriam ser depositadas nos reservatórios das barragens BL-1 e BR;
- Os rejeitos de flotação poderiam ser dispostos no reservatório da futura barragem BL-3, ou filtrados e empilhados; e,
- A magnetita deveria ser desaguada e empilhada.

Ainda de acordo com o que foi informado no documento, foram simulados os enchimentos dos reservatórios das barragens BL-1 e BR, considerando declividades das praias emersas e submersas e deixando-se ainda um volume de água livre para clarificação do efluente, e um volume livre, para laminação de cheias de projeto, com o seguinte resultado.

- Até 2020 seria implantado o sistema de bombeamento das lamas para a cabeceira do reservatório da barragem BR (ou até mesmo ser adiado, para 2028, isso ainda seria discutido).

- Aproximadamente neste mesmo período seria ampliada a praia da barragem BR, com a disposição dos rejeitos de flotação. A captação deverá ser mudada de posição, passando para a ombreira direita, próxima do emboque do canal extravasor.
- A barragem BL-3 seria construída e disponível para operação até o final de 2020. A partir do início de 2021, o reservatório seria utilizado para acomodação dos rejeitos de flotação.
- Neste mesmo período (entre 2018 e 2020) os rejeitos de flotação seriam ciclonados e utilizados para alteamento da barragem BL-1, tanto da parte jusante como da parte da praia. Estava previsto que o alteamento do maciço central da barragem seria executado, na sua maior parte, com magnetita escavada nas pilhas atuais.
- A barragem BR deveria ser avaliada para ter sua crista alteada até a cota 1.230 m, ou seja, 10 m a mais que o previsto inicialmente. Este alteamento visa ganhar maior volume de reservação, para acomodar as lamas e o estudo desta implantação deve considerar a posição dos pés das pilhas de estéril no entorno do reservatório.
- A barragem BL-1, alteada até a cota 1.225 m, terá capacidade de armazenamento de 59,2 Mm³, com simulação de assoreamento do reservatório adotando-se inclinação média das praias de 0,2%.
- A ampliação da praia da BR atual demandará cerca de 4 Mm³ de rejeitos. Para o alteamento da barragem BL-1, para a cota 1225 m, a demanda de rejeitos de flotação será de cerca de 2 Mm³. Assim, até 2020, seriam necessários 6 Mm³ de rejeitos de flotação, o que, pela tabela apresentada no relatório conceitual de disposição, corresponderia até meados de 2019, restando ainda cerca de 6 Mm³ para serem dispostos no reservatório da barragem BR.
- A barragem BR, alteada até a cota 1220 m, terá capacidade de armazenar cerca de 112,5 Mm³, dos quais deverá ser descontado o volume de cerca de 10 Mm³, que será ocupado com rejeitos, restando então cerca de 102,5 Mm³ para ser ocupado com lamas.
- Com este cenário de alteamentos e simulação de enchimento dos reservatórios, e considerando a ocupação das barragens BL-1 e BR com lamas, o volume disponível para assoreamento seria de 161,7 Mm³. No estudo apresentado, a previsão de geração de lamas, em termos de volumes de assoreamento, é de 190,5 Mm³, ou seja, há um déficit de 28,8 Mm³, que se espera ser compensado com o alteamento da barragem BR até a cota 1230 m, ou próximo deste valor. Com isto, as lamas poderão ser armazenadas nas barragens BL-1 e BR durante a vida útil prevista do empreendimento.
- A barragem BL-1, para a cota 1.225 m, operaria acumulando as lamas, entre 2018 e 2029. A partir deste ano, o reservatório poderia permanecer adensando, com pequeno acúmulo de água, servindo para suprimento da planta de concentração.
- A barragem BL-3, conforme a simulação de ocupação do reservatório, poderia acomodar cerca de 73,2 Mm³. Adicionando-se a este valor o volume previsto de ser utilizado no alteamento da barragem BL-1 e na formação da praia da barragem BR, de 11,8 Mm³, resulta o valor total de 85,0 Mm³. Segundo o estudo, este valor mostra que a barragem BL-3 operaria até 2038.

- Pelo estudo apresentado, o volume total de rejeitos será de 152,6 Mm³, ou seja, haverá um déficit de 67,5 Mm³, já descontado o volume de 11,8 Mm³ que será depositado na barragem BL-1 (para alteamento) e na barragem BR (para formação da praia).
- A partir de 2038, quando se esgotar a capacidade de armazenamento dos rejeitos na barragem BL-3, os rejeitos poderiam ser empilhados no reservatório da barragem BL-1, que estaria "em repouso" desde 2030. Estima-se que a espessura da pilha a ser formada, sobre a superfície das lamas, será entre 10 e 15 m, pelo período de cerca de 20 anos.
- Para o empilhamento, os rejeitos poderão ser ciclonados ou filtrados. No caso de filtragem, toda a massa seria empilhada. No caso de ciclonagem, buscando-se a máxima partição para o underflow, o overflow deveria ser disposto com as lamas no reservatório da barragem BR ou nas próprias cabeceiras da barragem BL-1. Se a partição para o underflow for de 80% em massa, restariam 13,5 Mm³ de overflow para disposição.
- A magnetita será empilhada parte na área onde atualmente já está empilhada, no vale que deságua a mina e próximo dos escritórios, e parte a jusante da barragem BR, como reforço da mesma, prevendo-se ciclonagem da magnetita apenas para desaguamento e não classificação.

Vale destacar que foi informado pela Mosaic que, encontra-se em elaboração um novo Plano Diretor de Disposição de Rejeitos para a unidade de Tapira contemplando o descomissionamento da Barragem BL-1 a partir de 2027 e da entrada de operação da Barragem BR em tal período para suprir a demanda da unidade em uma estrutura de contenção de rejeitos ultrafinos + rejeitos de lamas gerados pela planta industrial.

4.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos utilizados para o desenvolvimento do presente relatório estão apresentados na Tabela 4.1. Os documentos foram obtidos através de consulta ao sistema SGPSB, disponibilizados em visita técnica ou foram documentos desenvolvidos pela DF+.

Tabela 4.1 - Documentos de referência

Número do documento	Descrição
000-511-008	Sistema de Deposição de Rejeitos – Relatório Sobre o Projeto da Barragem BR (Paulo Abib Engenharia S.A. - 1983)
VG17-092-1-EG-RTE-0070	Revisão Periódica de Segurança de Barragem – VOG - 2018
FF61-RT-01-R0	Projeto Executivo Alteamento Cota 1205,5 m – Geoconsultoria - 2017

Número do documento	Descrição
FF60RT02-R0	Plano Diretor de Disposição de Rejeitos – Estudo Conceitual – Preliminar – GeoConsultoria, junho de 2018.
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Projeto Conceitual - Diagnóstico de Barragens – DF+ - 2019
WBH122-17-MOSC106-RTE-0014	Auditoria Técnica de Segurança 1° Ciclo 2020 – Walm - 2020
PAT-RT-LAB-1103.14-001	Ensaios de Laboratório – Pattrol - 2015
PAT-RT-SOND- 1097.14-002	Sondagem – Barragem BR – Pattrol - 2014
WBH122-17-MOSC077-RTE-0003	Ensecadeira a Jusante das Barragens BR e BD2 - Relatório Técnico
PAT-RT-SOND-040.2017	Sondagem à Percussão, Sondagem Mista e Sondagem à Trado – Barragem BR - Pattrol - 2017
PAT-RT-OSS.063-SOND-2018	Sondagem Mista – Barragem BR – Pattrol - 2018
PAT-RT-OSS097-SOND-2018	Sondagem à Percussão – Área Industrial – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-131-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-137-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
PAT-RT-SOND-148-2019	Relatório de Sondagem e Instrumentação – Pattrol - 2019
DF19-023-1-EG-RTE-0013	Diagnóstico da Barragem BR – DF+ - 2019
VG17-092-1-EG-RTE-0071	RPSB da Barragem BR – DF+ - 2019
FF28.03_-_PM05-R8_-_BR_18-11	Planilha com o histórico das leituras de instrumentação – Barragem BR – MOSAIC - 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 1 – CCC Topografia – Agosto de 2019
CMT_BR-1_BAT_2018_01	Levantamento topobatimétrico – Barragem BR – Lago 3 – CCC Topografia – Agosto de 2019

Número do documento	Descrição
"ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS"	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – Setembro de 2019
"ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA"	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – Setembro de 2019
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico "As Is" – Barragem BR – WALM – Abril de 2019
"Instrumentos barragens CMT 2019 atual"	Planilha com as coordenadas da instrumentação em operação na Barragem BR – MOSAIC - 2019
DF19-261-1-EG-RTE-0001	Projeto Conceitual – Barragens – Barragem BR – Risco Geológico, Estrutural e Sísmico – Relatório Técnico
WBH122-17-MOSC041-DES-0027	Planta - Barragem BR: Instrumentação planta e quadro.
WBH122-17-MOSC041-DES-0028	Planta – CMT Barragem BR: Instrumentação seções
WBH122-17-MOSC041-DES-0076	Planta – CMT Barragem BR
WBH122-17-MOSC041-DES-0077	Planta – CMT Barragem BR – Investigações geológico-geotécnicas de referencias planta e quadro de locação
WBH122-17-MOSC041-DES-0078	Planta – CMT Barragem BR – Investigações geológico-geotécnicas de referencias planta e quadro de locação
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Relatório Técnico "As Is" – Barragem BR – WALM – Abril de 2019
WBH122-17-MOSC061-DES-0001	Barragem BR – Investigação geológica-geotécnico de campo - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0003	Barragem BR – Limpeza de fundação - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0004	Barragem BR – Base topográfica- Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0005	Barragem BR – Arranjo geral - Planta
WBH122-17-MOSC061-DES-0006	Barragem BR – Arranjo geral – Seções e detalhes
WBH122-17-MOSC061-DES-0007	Barragem BR –Drenagem interna– Seções e detalhes

Número do documento	Descrição
WBH122-17-MOSC061-DES-0008	Barragem BR – Arranjo geral - Locação
WBH122-17-MOSC061-ETC-0001	Barragem BR – Especificação técnica investigação geológica-geotécnica
WBH122-17-MOSC061-ETC-0003	Barragem BR – Especificação técnica para construção de reforço
“ASBIULT BARRAGEM BR PLANTA”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Planta – MOSAIC – Setembro de 2019
“ASBIULT BARRAGEM BR SEÇÕES TRANSVERSAIS”	Reforço da Barragem BR – Cota 1160 – As Built – Seções – MOSAIC – Setembro de 2019
WBH122-17-MOSC061-DES-0012	Barragem BR – Planta e perfil – Dreno ombreira esquerda
WBH122-17-MOSC061-DES-0013	Barragem BR – Seções – Dreno ombreira esquerda
WBH122-17-MOSC070-RTE-0014	Barragem BR - Relatório de inspeção de segurança regular - Relatório de auditoria técnica de segurança - 2019

5.0 CÓDIGOS E NORMAS

Este documento deverá considerar a última edição dos códigos e normas citados a seguir, além das leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

Resolução N° 32, de 11 de maio de 2020 – ANM	Altera a Portaria n° 70.389, de 17 de maio de 2017 e dá outras providências.
NBR 13.028/2017	Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimento e reservação de água – Requisitos.
Lei 23.291/2019	Institui a política estadual de segurança de barragens do Estado de Minas Gerais.
ANM 70.389/2017	Cria o cadastrado nacional de barragens de mineração, o sistema integrado de gestão em segurança de barragens de mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do plano de segurança de barragens, das inspeções de segurança regular e

especial, da revisão periódica de segurança de barragens e do plano de ação de emergência para barragens de mineração, conforme art. 8°, 9°, 10, 11 e 12 da Lei n° 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a política nacional de segurança de barragens – PNSB.

6.0 PREMISSAS E CRITÉRIOS

- As premissas e os critérios que foram adotados para o desenvolvimento deste projeto encontram-se detalhados no documento DF19-258-1-EG-RTE-0001.
- Além dos critérios e premissas acordados no documento citado acima, o Fator de Segurança mínimo (FSmín), utilizando a resistência não drenada liquefeita nas análises de estabilidades deve ser igual a 1,25.

7.0 ESTUDOS GEOLÓGICOS

7.1 GEOLOGIA REGIONAL

A região de Tapira pertence a Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, que está inserida na margem continental da Faixa Brasília, delimitada a sudoeste pela Bacia do Paraná e a nordeste pelo Cratón São Francisco. Esta Província é constituída por um conjunto de rochas kamafugíticas, kimberlíticas e carbonatíticas que ocorrem como complexos plutônico, diques, pipes, plugs, diatremas, derrames de lavas e depósitos piroclásticos (Brod et al. 2004).

A Figura 7-1 apresenta o mapa geológico da Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, exibindo diversas intrusões, em destaque, a de Tapira, em vermelho, e Araxá, Salitre, Serra Negra e Catalão I e II, em azul.

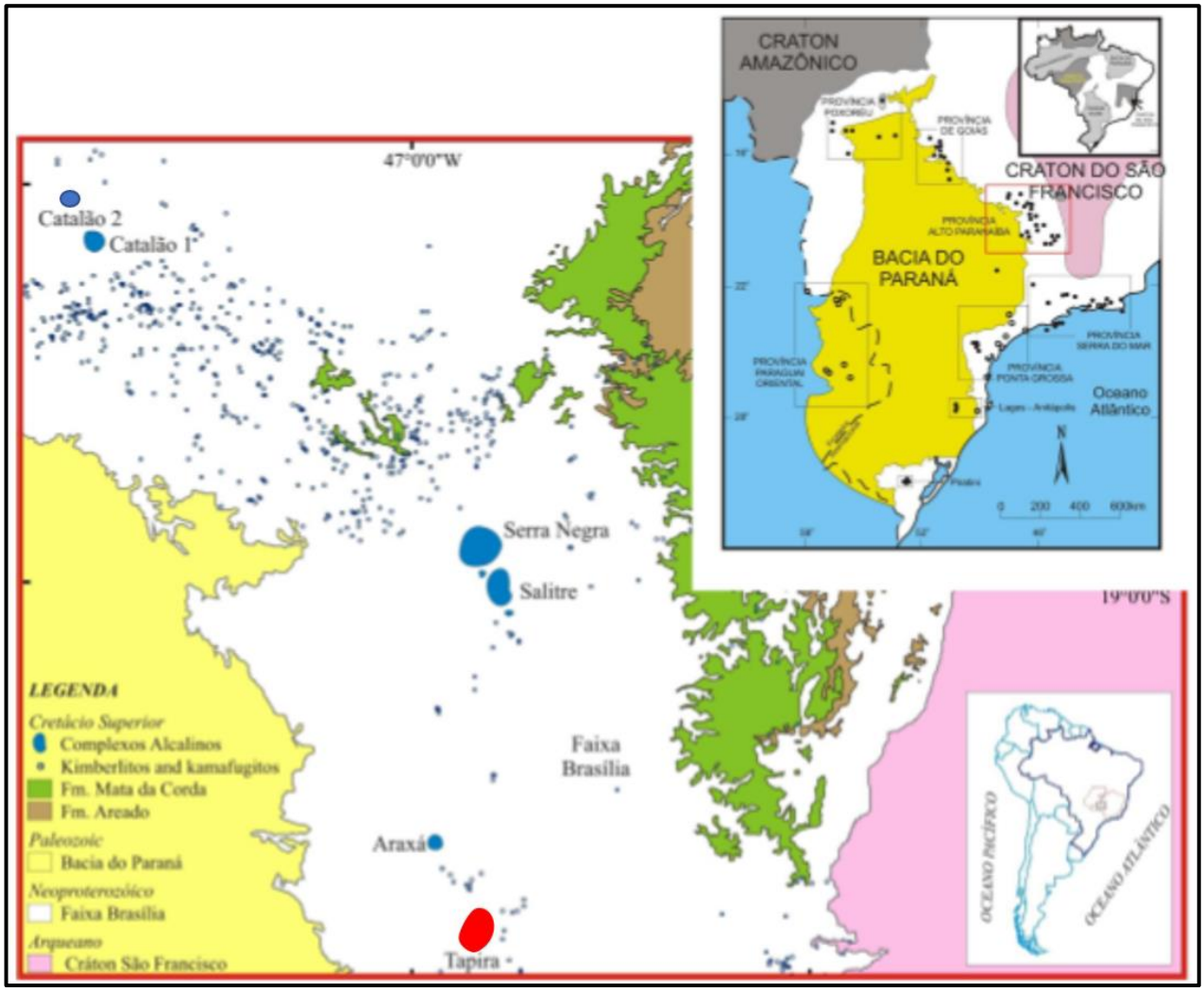


Figura 7-1 - Mapa geológico da Província Ígnea Alto Paranaíba-APIP, exibindo os domos intrusivos alcalinos. Complexo de Mineração de Tapira, em vermelho, e os demais Complexos da Província em azul (Modificado de Jácomo, 2010).

Os Complexos plutônicos Alcalinos-Carbonatíticos de Tapira, Araxá, Catalão I e II, Serra Negra, Salitre I, II e III, segundo Gibson et al. (1995) possuem idade Cretáceo Superior e tem sua origem atribuída à influência do magmatismo oriundo dos impactos de plumas mantélicas na base da litosfera subcontinental. As intrusões desses complexos estabeleceram-se ao longo da feição denominada Arco do Alto Paranaíba e deformaram as rochas metassedimentares da Faixa Brasília, quase sempre gerando estruturas em domos (Brod et al., 2004).

Na Faixa Brasília, orógeno colisional produto da interação entre crátons com evolução tectônica ligada ao Evento Brasiliano, ocorre uma progressiva variação nos padrões estrutural e metamórfico nas unidades litológicas, sendo mais deformadas em direção a Oeste (Valeriano et al., 2004b). Tem sido sugerida, por alguns autores, uma divisão na Faixa em

Zona externa e interna devido à evolução da deformação e do grau metamórfico (Dardenne, 2000; Simões e Valeriano, 1990; Fuck, 1994, Valeriano et al., 2004b).

A Zona Externa é composta por unidades metassedimentares dos Grupos Paranoá, Canastra, Ibiá, Vazante e, localmente, o Bambuí e porções do seu embasamento arqueano paleoproterozóico (Dardenne, 2000; Faria 1995; Guimarães 1997, Silva, C. H., 2003). Predominam nesta zona as fácies sedimentares correspondentes à margem passiva, e o metamorfismo é de fácies xisto verde (Silva, C. H. 2003). A Zona Interna é constituída por sucessões metassedimentares e metavulcanossedimentares do Grupo Araxá e Andrelândia incluindo fácies de plataforma distal, rochas metaultramáficas de assoalho oceânico, e o metamorfismo é de fácies xisto verde superior chegando a granulito.

A Figura 7-2 exibe a estruturação da Faixa Brasília apresentando seu contexto geológico regional.

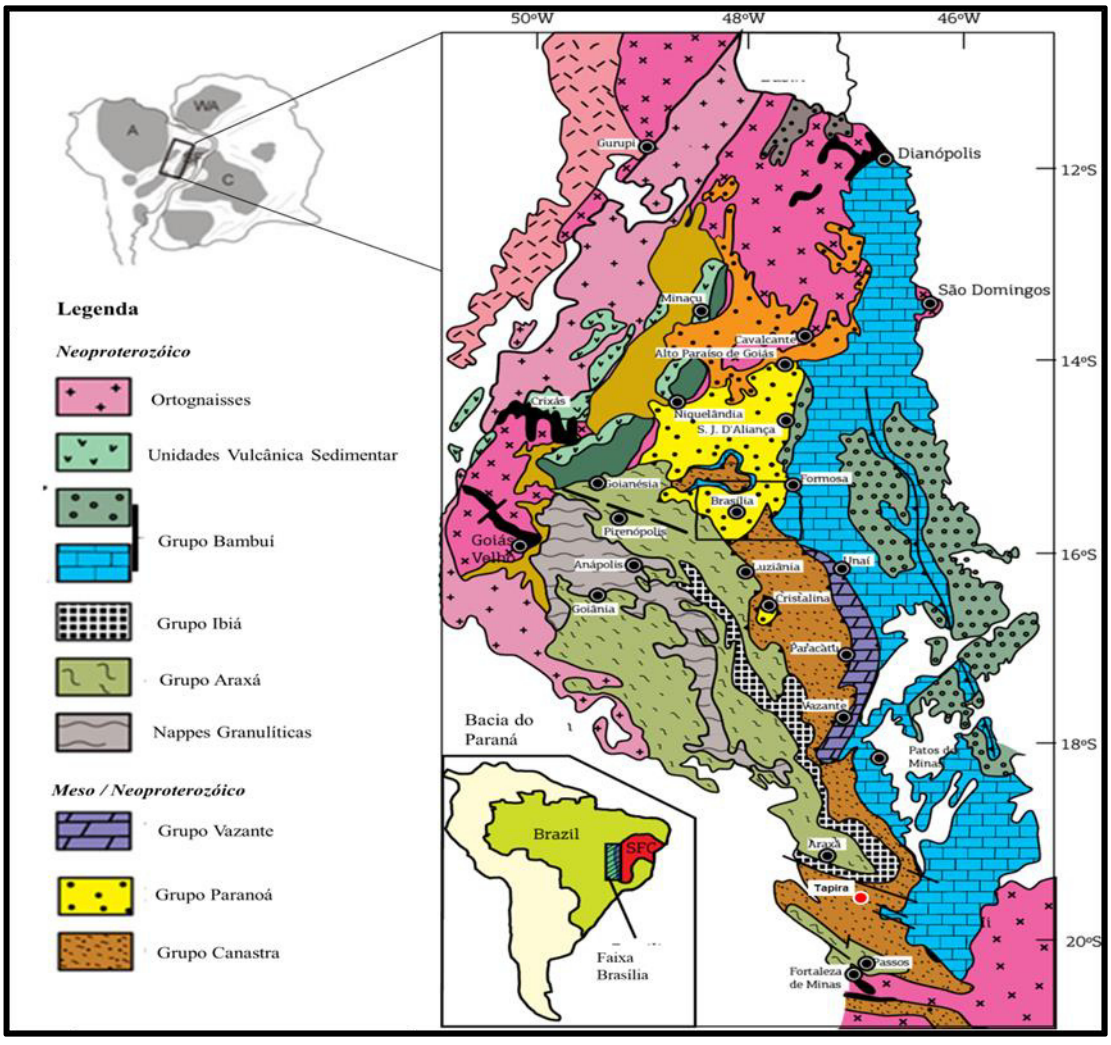


Figura 7-2 - Compartimentação geológica da Faixa Brasília (Modificado de Valeriano et al. 2000).

7.2 GEOLOGIA LOCAL

Tapira é o mais meridional dos complexos carbonatíticos da província, localizado no município de Tapira, estado de Minas Gerais, a sudoeste do Cráton São Francisco e está inserido no contexto geológico da porção sudoeste da Folha Araxá (SE.23Y-C-VI). A região de Tapira encontra-se no sudoeste do estado de Minas Gerais, na porção compreendida entre as serras da Canastra a sul e da Bocaina a norte, inserida no Bioma cerrado.

A Figura 7-3 apresenta o Complexo de Mineração de Tapira pertencente à MOSAIC. O Complexo está inserido na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto do Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Localizado a aproximadamente 37 km a sudeste da cidade de Araxá, por ligação rodoviária e a uma distância da ordem de 400 km a oeste de Belo Horizonte.

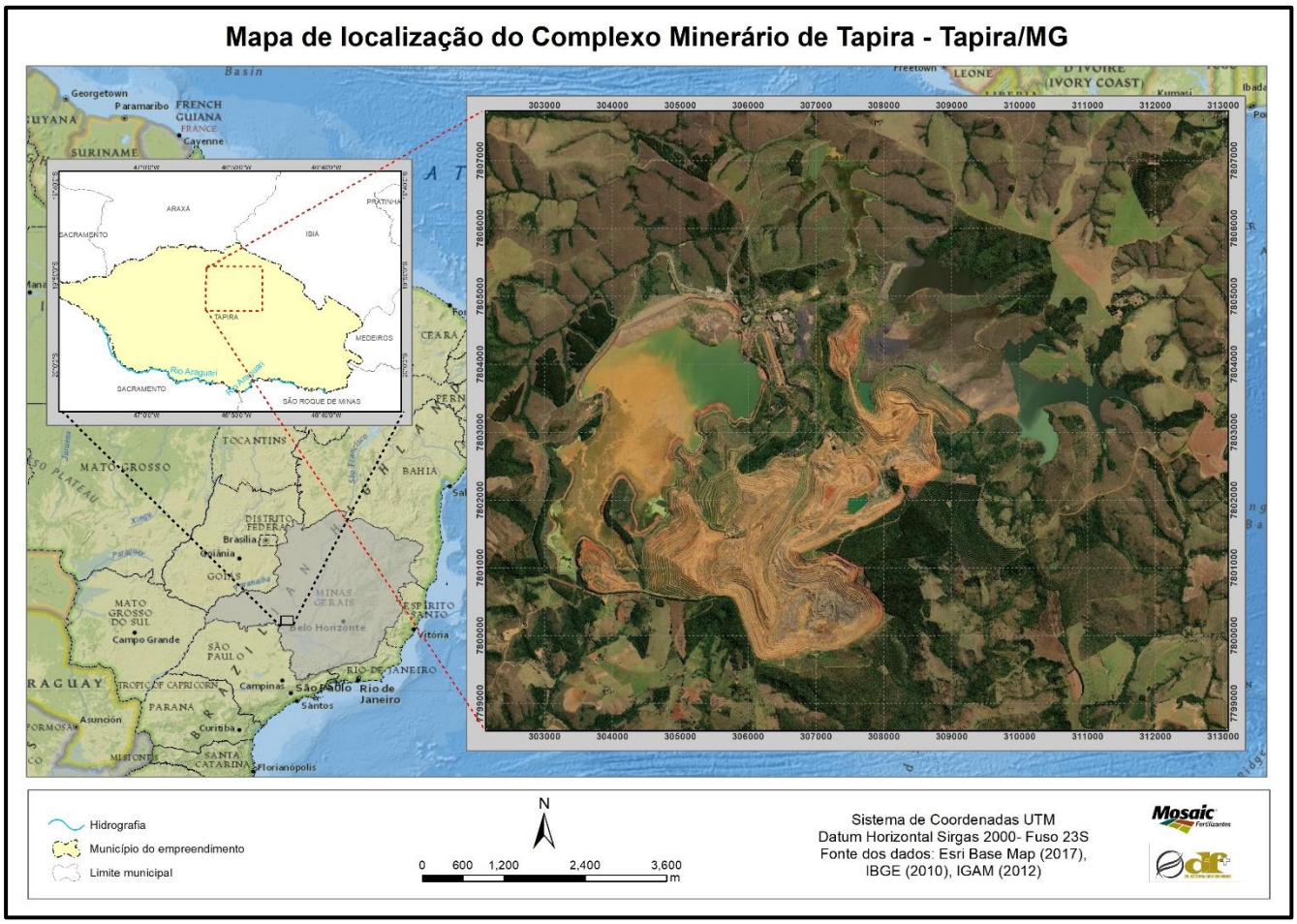


Figura 7-3 – Mapa de localização do Complexo de Mineração de Tapira, pertencente ao Município de Tapira-MG.

O Complexo Tapira é uma intrusão multifásica resultado da amalgamação de intrusões de magma ultramáfico, carbonatito e sienito (Brod, 1999). O complexo é dominado por rochas ultramáficas representadas por dunitos, peridotitos, piroxenitos e bebedouritos encaixados,

comumente, em quartzitos, filitos e rochas carbonáticas e carbonáceas do Grupo Canastra (Dardenne, 2000).

O Grupo Canastra representa parte de uma bacia de margem passiva aberta no fim do mesoproterozóico com rochas que afloram em uma faixa de mais 650 km, com intensa deformação. De acordo com as grandes zonas de cisalhamento presentes na área, Silva (2003) e Silva et al. (2004) compartimentaram a área de Tapira em três domínios tectonoestruturais, descritos a seguir.

O Domínio Oeste (DW) é marcado por uma predominância de xistos e quartzitos e rochas metamáficas, metaultramáficas e gnáissicas subordinadamente, recobertas pelas rochas da Bacia do Paraná. Neste domínio ocorrem duas escamas, sendo a escama 1 pertencente ao grupo Canastra e a escama 2 ao grupo Araxá. O limite Leste deste domínio DW é marcado pela ZC Alto Araguari. No Domínio Leste (DE) são identificados xistos, com intercalações de quartzitos, quartzo xistos e rochas metaultramáficas que se sobrepõem, devido à falha de empurrão. No Domínio Leste ocorrem três escamas, a escama inferior e intermediária, pertencentes ao grupo Canastra; e a escama superior, pertencente ao grupo Araxá. As rochas do DE são separadas do Domínio Sul (DS) pela ZC Canastra. O DS é marcado por uma predominância de rochas metapsamíticas, com feições sedimentares preservadas que definem o alto topográfico marcado pela Serra da Canastra.

Na Figura 7-4 é apresentado o mapa geológico da região de Tapira segundo Silva (2003) compilado de Valeriano et al., (2004a). Discrimina-se as seguintes litologias: Domínio Oeste (DW), Escama 2: (1) Grupo Araxá. Escama1: (2) Grupo Canastra - granada-muscovita xisto com porções grafitosas e com frequentes intercalações de quartzitos micáceos. Domínio Leste (DE), Escama Superior (3) Grupo Araxá - granada-mica xisto com intercalações de granada-quartzo xisto e rochas metaultramáficas; Escama Intermediária (4) Quartzitos com intercalações de quartzo xisto e muscovita xisto; (5) Granada-mica xistos com intercalações granada grafita xistos, granada quartzitos e albita-granada mica xisto; mica xistos e quartzo xistos com intercalações métricas de quartzitos, localmente com lentes métricas de mármores (azul escuro). Escama Inferior (6) quartzitos; (7) quartzo-muscovita xistos/filitos com intercalações de quartzito e níveis feldspáticos; grafita-muscovita xistos/filitos com intercalações de quartzitos micáceos e muscovita-quartzo xistos; quartzo-muscovita xistos/filitos, com lentes e camadas decimétricas a métricas de quartzitos. Grupo Bambuí (8) Filitos e ardósias com lentes métricas de mármores. Domínio Norte, (9) Filitos/xistos sericíticos (10) Quartzitos puros a micáceos. Domínio Sul, (11) Metarenitos com intercalações de quartzo filito, quartzitos micáceos, filitos e metaconglomerados. (12) Quartzo-muscovita xistos, metarenitos bandados.

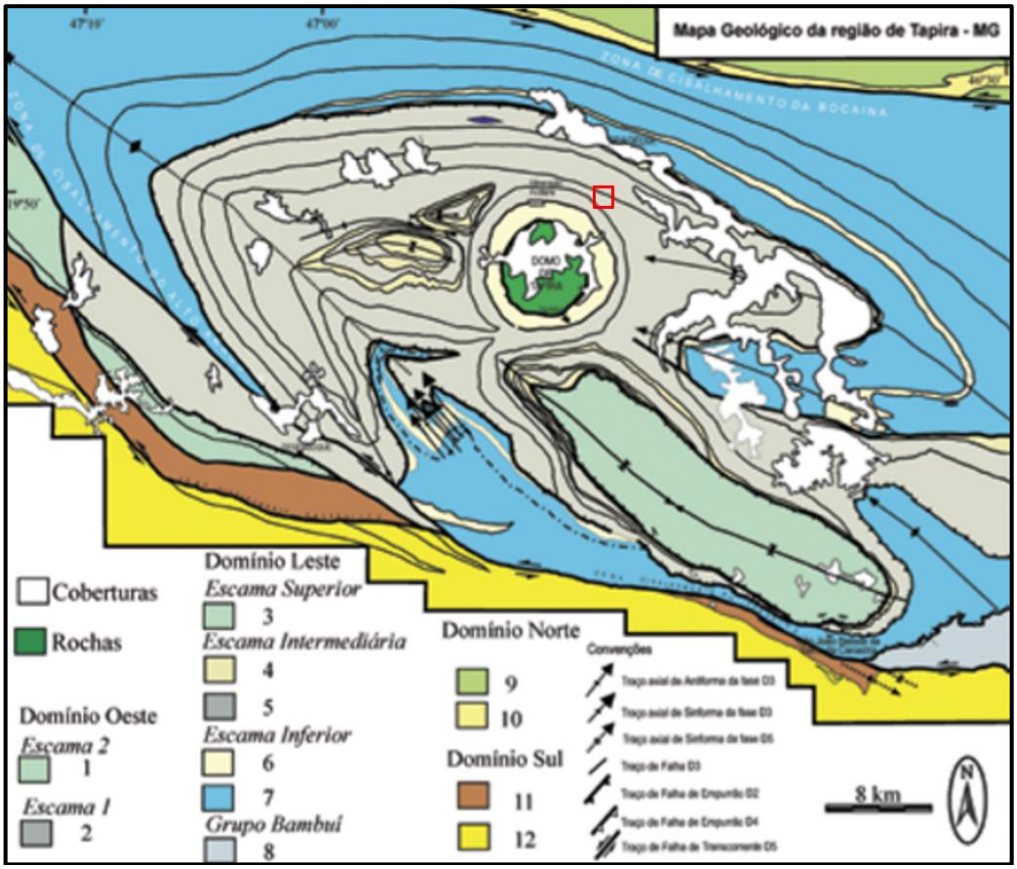


Figura 7-4 - Mapa geológico da região de Tapira com destaque para a região da Barragem BR (modificado de Valeriano et al., 2004a).

A Figura 7-5 mostra a Barragem BR, localizada na cabeceira do córrego Boa Vista e a montante da Barragem BD5, inserida no Complexo de Mineração de Tapira.

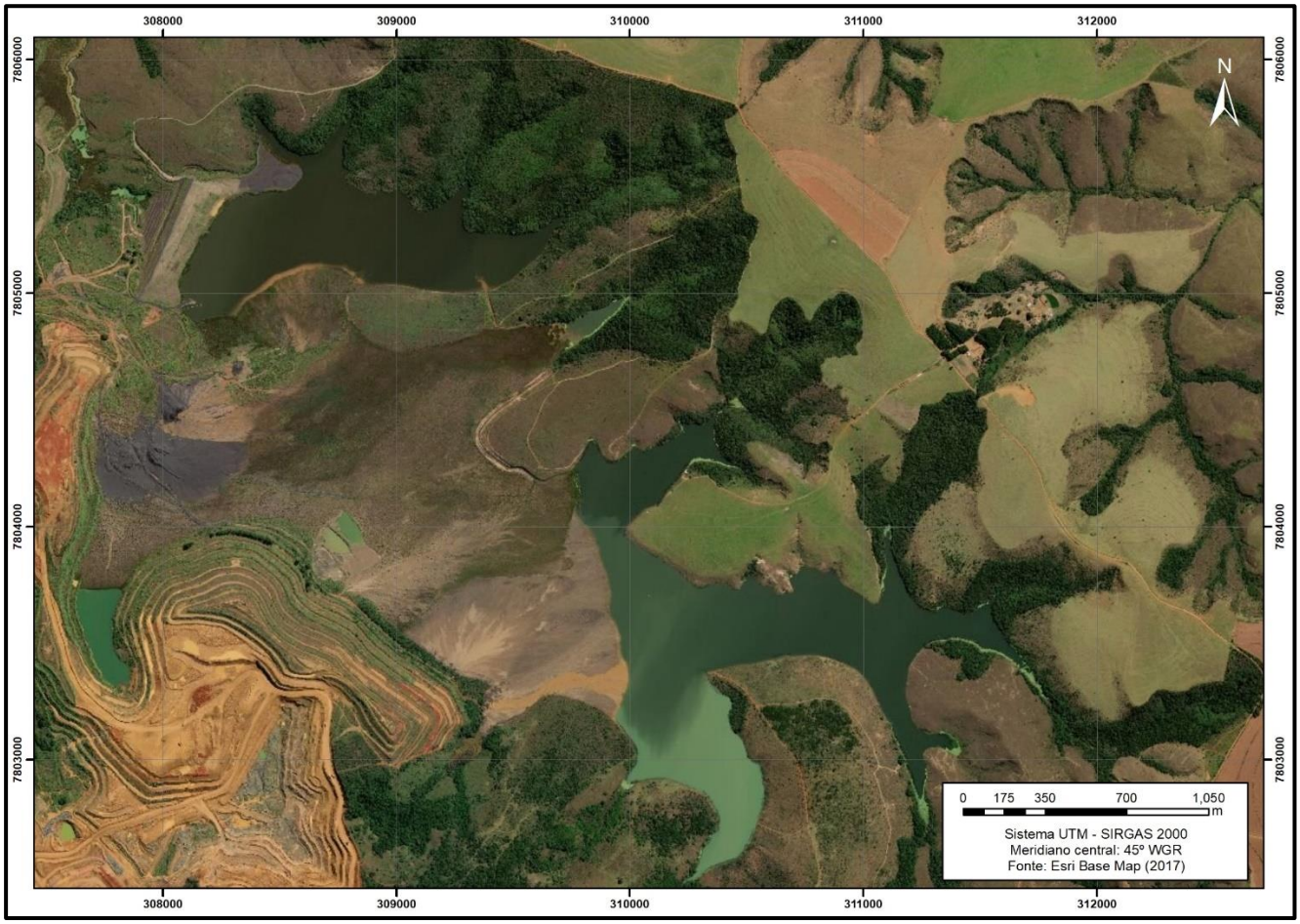


Figura 7-5 - Imagem da Barragem BR (Fonte: Google Earth, 2019).

7.3 SISMICIDADE REGIONAL

A estimativa da ameaça sísmica é de extrema relevância na engenharia geotécnica, uma vez que as diretrizes normativas (NBR 13.028:2017) recomendam avaliação da estabilidade física da estrutura perante à eventos sísmicos. Como a estrutura apresenta susceptibilidade ao fenômeno de liquefação (ver item 5.3.2 deste relatório), torna-se necessário avaliar o grau de segurança para evitar um possível gatilho ao fenômeno citado.

Para Oliveira e Marchioreto (2013), alguns sismos podem ser “induzidos” pela intervenção do homem na natureza. Contudo, sismos desta natureza registrados no Brasil possuem pequenas magnitudes. Os mesmos autores definem que, para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d’água a grandes profundidades, em planos de fraqueza do maciço rochoso subjacente ao reservatório, que estejam submetidos a estados críticos de tensão, ou seja, próximos à ruptura.

Portanto, a investigação das condicionantes geológicas é fundamental para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras, como hidrelétricas e barragens de rejeito (Lopes, 2010).

De modo geral, o período mais crítico é justamente a fase de enchimento, pois trabalhos realizados em vários reservatórios têm mostrado o início de alguma atividade sísmica ou mesmo um aumento na sismicidade local durante a fase de execução ou após um breve período de sua finalização, em um intervalo de tempo de até 3 anos após o enchimento do reservatório, ou superiores (Ribotta, 2010).

De acordo com a ABNT NBR 13.028/2017, é recomendado a utilização do critério sugerido pela Canadian Dam Association (CDA), que indica a adoção da aceleração da gravidade resultante do Sismo Máximo Provável (MCE – Maximum Credible Earthquake) para análises pseudoestáticas.

Diante do exposto e levando em consideração o critério do CDA, deve ser utilizado um tempo de recorrência para o evento sísmico entre 2.475 e 10.000 anos, assim como os registros e bibliografia existente para o território nacional remete a um tempo de recorrência de 2.475 anos.

Pelo fato de não se ter leituras sísmicas representativas da região em que a Barragem BR (Tapira) está locada, optou-se pela análise por meio de carregamentos pseudoestáticos, aplicados nas direções horizontal e vertical, especificando o coeficiente de carga sísmica correspondente. Este método de análise é o recomendado pela ABNT NBR 13.028/2017.

A Figura 7-6 representa o mapa mais atualizado para o território brasileiro e foi desenvolvido por Assumpção et al. (2016) e publicado no Boletim nº 96/2016 da Sociedade Brasileira de Geofísica e que contém a distribuição das acelerações de pico em rocha com probabilidade de excedência de 2% durante 50 anos, correspondendo a um período de recorrência de 2.475 anos.

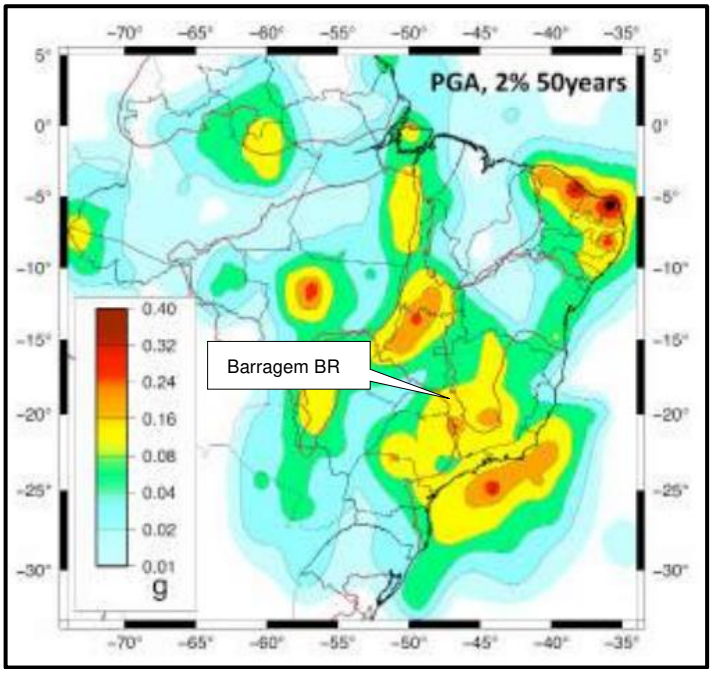


Figura 7-6 - Mapa de Ameaça Sísmica para acelerações de pico em rocha com destaque para a localização de BR (Tapira). Fonte: Boletim nº 96/2016 SGBf.

Uma observação importante é que, aparentemente, boa parte das barragens de rejeito no Brasil são projetadas para acelerações de 0,03 g ou 0,05 g, valores sugeridos por Eletrobrás (2003). A extensão das áreas verdes da Figura 7-6 sugere que estes valores precisariam ser revistos (Assumpção et al., 2016).

Portanto, com base nas informações apresentadas, a Barragem BR (Tapira) está localizada na região em que a aceleração está compreendida entre 0,08 e 0,16 g. Cabe ressaltar que a escala apresentada é regional e pode ser superestimada.

A United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC, 1508), dada a complexidade e nível de segurança em projetos nucleares, considera-se razoável a adoção do valor da aceleração horizontal de 0,10 g, valor este condizente ao intervalo de 0,08 g e 0,16 g, pelo que o mesmo foi adotado no presente trabalho.

Em relação aos movimentos verticais do terreno, ainda são poucos os dados disponíveis de modo que, na prática, os métodos de projeto se baseiam numa aceleração vertical de pico, a qual é assumida como sendo uma fração da aceleração horizontal de pico do terreno. Usualmente, utiliza-se o valor 2/3 da aceleração horizontal para a aceleração vertical (WERNER, 1976).

Portanto, foram adotados os valores de aceleração horizontal de pico em rocha igual a 0,10 g e aceleração vertical de pico em rocha igual a -0,06 g (aplicação da carga de baixo para cima).

8.0 INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

As investigações geológico geotécnicas existentes foram consolidadas no documento DF19-263-1-EG-RTE-0001, em que estão apresentadas todas as campanhas de investigação já executadas, discretizadas por empresa executora, quantidade de investigação e ano de realização das mesmas.

8.1 SEÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS DE ESTUDO

A barragem BR foi avaliada a partir de 6 seções geológico-geotécnicas transversais e duas seções geológico-geotécnicas longitudinais. (seções A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', GG' e HH') e que encontram-se representadas em planta na Figura 8-1. Na Figura 8-2 está apresentada a seção central EE'. Além disso, a planta, assim como todas as seções estão apresentadas nos documentos, cujos números são: DF19-263-1-EG-DWG-0015, DF19-263-1-EG-DWG-0016, DF19-263-1-EG-DWG-0017 e DF19-263-1-EG-DWG-0018.

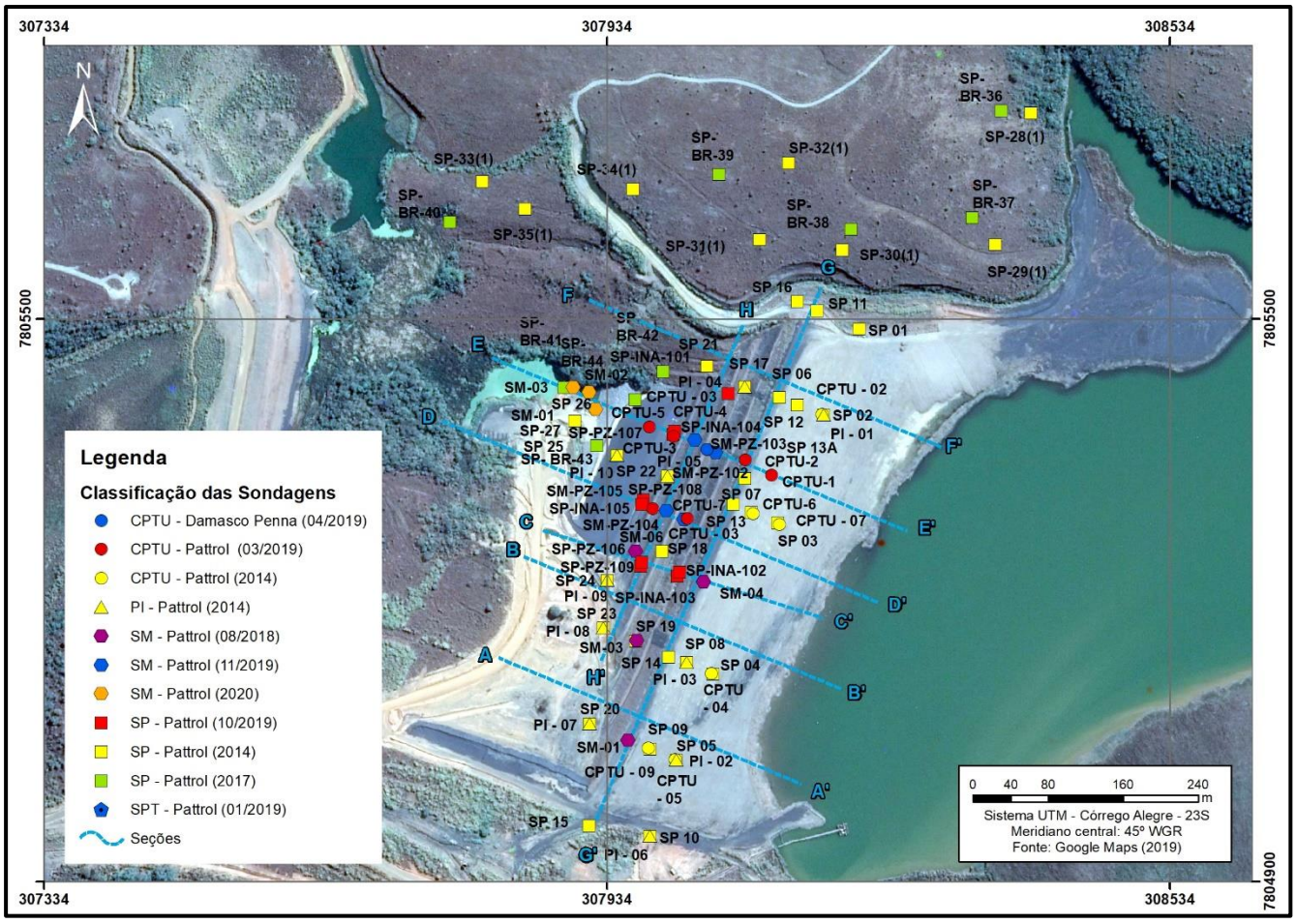


Figura 8-1 – Locação das seções de estudo na Barragem BR.

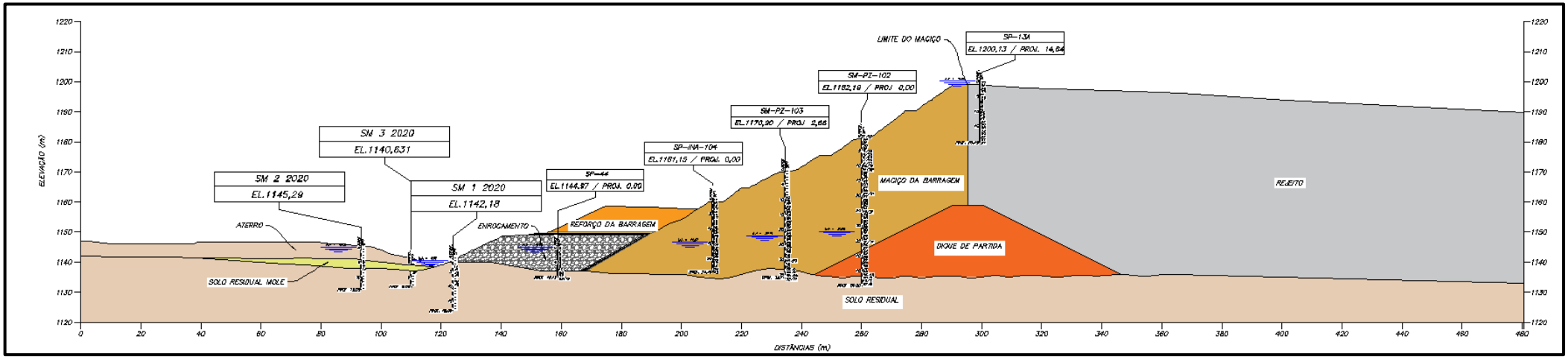


Figura 8-2 – Seção Geológica EE'

As seções transversais A-A' e B-B' estão localizadas na região da ombreira esquerda da barragem; as seções C-C', D-D' e E-E' localizam-se na região central, e a seção F-F' localiza-se na ombreira direita. A seção longitudinal G-G' está sobreposta ao rejeito, em uma zona de transição com o maciço da barragem; enquanto que a seção H-H' encontra-se sobreposta exclusivamente ao maciço da referida estrutura. A extensão das seções confeccionadas bem como as sondagens empregadas em cada uma das mesmas encontra-se compiladas na Tabela 8.1.

Salienta-se que as informações provenientes dos ensaios CPTU's foram empregadas na confecção de todas as seções mencionadas.

Tabela 8.1 - Correlação entre as seções confeccionadas para barragem BR com suas respectivas extensões e os furos de sondagem empregados nas mesmas.

Seções	Extensão (m)	Furos de Sondagem Empregados
Seção A-A'	350	SM- 01, SP-09 e SP-05
Seção B-B'	366	SP-04, SP-06, SP-14, SP-24 e SM-03
Seção C-C'	314	SM-04, SM-06, SP-PZ-106 e SP-18
Seção D-D'	502	SP-03, SP-07, SP-22, SP-25, SP-INA-105, SM-PZ-104, SM-PZ-105
Seção E-E'	480	SP-13A, SP-44, SP-INA-104, SM-PZ-103, SM-PZ-102, SM-01, SM-02, SM-03
Seção F-F'	409	SP-02, SP-06, SP-17, SP-INA-101
Seção G-G'	618	SP-11, SP-13A, SP-14
Seção H-H'	388	SP-24, SP-INA-101, SM-PZ-103, SP-22, SM-PZ-105

8.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Para a caracterização física dos materiais, foram utilizados os dados de sondagens realizadas em 2014, com relatório emitido pela Pattrol em 2015 (PAT-RT-LAB-1103.14-001), além das várias sondagens já consolidadas no relatório DF19-263-1-EG-RTE-001. Foram coletadas 3 (três) amostras no rejeito, 2 (duas) na maciço de magnetita e 5 (cinco) no terreno natural das ombreiras. Os resultados dos ensaios nos materiais são apresentados a seguir.

De maneira geral, a barragem BR é constituída por rejeito de magnetita, areno-siltoso, cinza, preferencialmente compacto, com porções medianamente compactas identificadas nas seções D-D' e E-E'. Regiões pouco compactas foram reconhecidas apenas na seção F-F'. Nas seções A-A', B-B' e C-C', a fundação da barragem é constituída por solo residual silto-argiloso a argiloso, marrom, amarelo e cinza, preferencialmente rijo a duro. Nas seções D-D', E-E' e F-F' a fundação é também constituída por um solo residual, mas de cor cinza e textura silto-arenosa, compacto a muito compacto, compreendido como produto da decomposição de filitos cinzas. A espessura deste horizonte não pode ser definida com clareza, mas os furos de sondagem SP-PZ-102, SP-PZ-103, SP-PZ-104 e SP-PZ-105 indicam que eventualmente o maciço da barragem pode estar sobreposto diretamente a horizontes saprolíticos de filito, ou seja, a camada de solo residual pode estar ausente.

As ombreiras da estrutura são constituídas também por solo residual silto-arenoso, compacto a muito compacto, provenientes da decomposição de filitos. Contudo, solos residuais silto-argilosos a argilosos, marrom, amarelo e cinza, rijos a duros, formados a partir da decomposição de quartzitos podem ocorrer. Possivelmente, os horizontes quartzíticos representem camadas imersas a rochas predominantemente filíticas.

8.2.1 Rejeito de Flotação

Para a caracterização física dos rejeitos de flotação foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) perfazendo um total de três amostras (PI01, PI02 e PI03), conforme apresentado na Tabela 8.2.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a massa específica dos sólidos (δ) variou entre 3,41 a 3,51 g/cm³ e o peso específico natural dos rejeitos variou entre 17,74 kN/m³ a 19,38 kN/m³. Com relação a compacidade relativa (CR) do material, verificou-se que o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66. Segundo a classificação sugerida por Terzaghi (1947), o rejeito apresenta-se medianamente compacto. Destaca-se que este material foi coletado na superfície da praia de rejeito, onde há tráfego de veículos para lançamento e manutenção da praia o que pode impactar no comportamento da amostra, ocasionando em resultados que podem não ser aplicados a todo o rejeito de flotação depositado.

Tabela 8.2 – Resumo dos resultados de caracterização física dos rejeitos.

Amostra	Prof. (m)	γnat kN/m3	w(4)nat (%)	γd (1) kN/m3	enat(2)	emáx	emín	CR(5)	δ g/cm³	γsat(3) kN/m3	Granulometria					
											Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-01	1,2 a 1,5	19,38	15,6	16,78	1,03	1,24	0,78	0,46	3,41	19,41	3,4	10,1	46,1	39	1,4	0
PI-02	1,2 a 1,5	17,74	7,8	16,43	1,14	1,35	0,88	0,45	3,51	17,68	2,2	9,9	47,3	39,2	1,4	0
PI-03	1,2 a 1,5	18,79	9,8	17,11	1,05	1,28	0,84	0,52	3,51	20,34	3,4	7,1	53,6	34,6	1,2	0

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat}/ (1+w_{nat})$;
(2) e_{nat} foi calculado pela correlação: $(\delta^* \gamma_w /\gamma_d) – 1$.
(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1+w_{nat})/(1+e)$
(4) Teor de umidade natural "*In Situ*"
(5) Compacidade relativa calculada através da equação $CR = (e_{máx} - e_{na})/(e_{máx} - e_{mín})$

A partir dos ensaios granulométricos, observou-se que os rejeitos são compostos predominantemente por areia de granulometria fina a média (90%) com pequena parcela de silte e argila (10%), conforme pode ser observado na Figura 8-3.

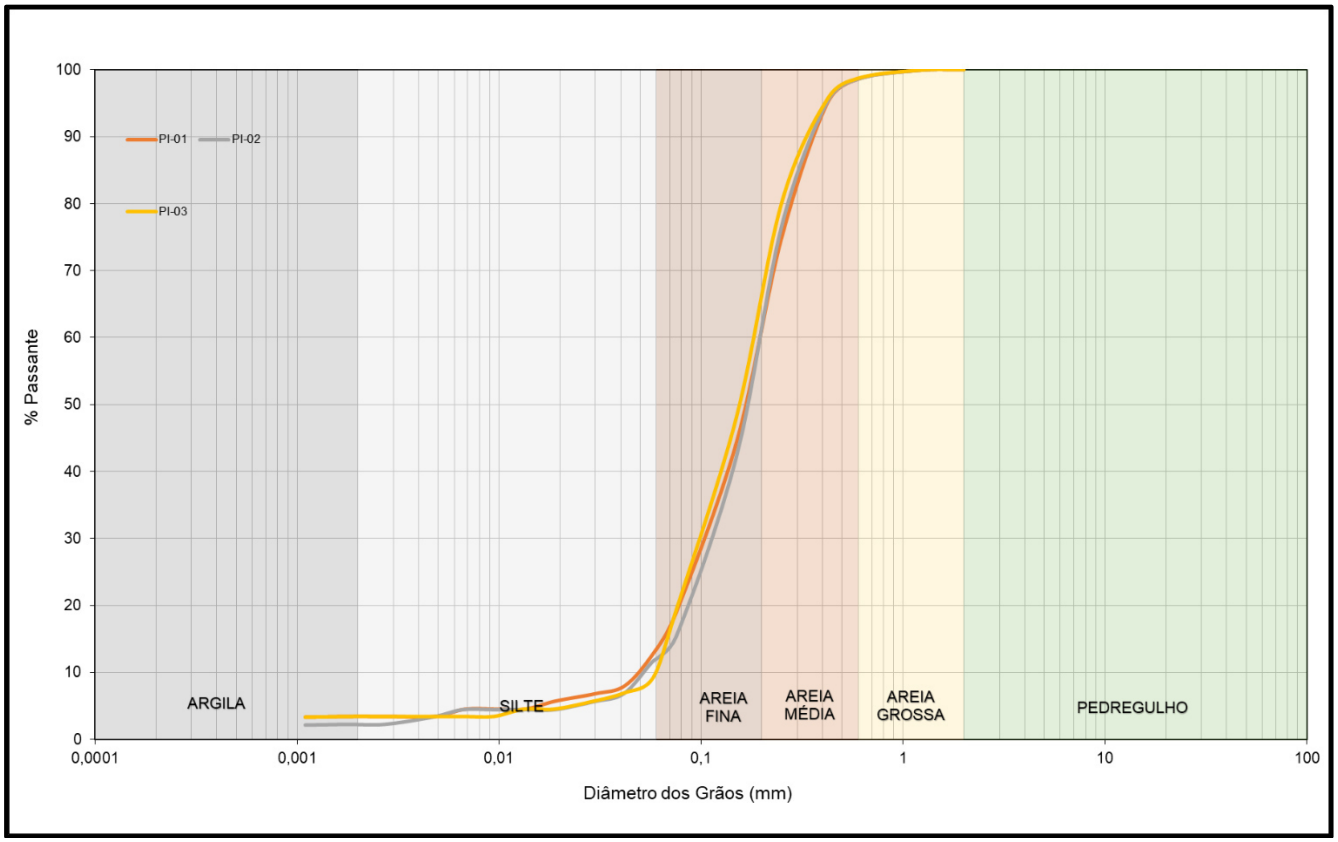


Figura 8-3– Curvas granulométricas do rejeito de flotação.

8.2.2 Rejeito de Magnetita do Maciço

Para a caracterização física do maciço de magnetita foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) em um total de duas amostras, sendo estas, as amostras PI04 e PI05, conforme apresentado na Tabela 8.3. A Partir dos ensaios de caracterização, observou-se que a massa específica dos sólidos (δ) variou entre 4,43 a 4,74 g/cm³, o peso específico natural do maciço de magnetita variou entre 27,02 kN/m³ e 28,99 kN/m³. Com relação a compacidade relativa do material, verificou-se que para a amostra PI-04, o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66. Segundo a terminologia sugerida por Terzaghi (1947), isso indica que o rejeito apresenta compacidade média. Já em relação a amostra PI-05, verificou-se que o valor calculado para o índice de vazios natural é menor que o valor obtido para o $e_{mín}$. Caso seja utilizado este valor, pode se prever, segundo o conceito já explicitado, que a magnetita é considerada compacta.

Tabela 8.3 – Resumo dos resultados de caracterização física do maciço de magnetita.

Amostra	Prof. (m)	γnat (kN/m³)	$w^{(4)}_{nat}$ (%)	γd (1) (kN/m³)	e_{nat}(2)	$e_{máx}$	$e_{mín}$	CR(5)	δ (g/cm³)	γ_{sat}(3) (kN/m³)	Granulometria					
											Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-04	1,2 a 1,5	27,02	3,6	26,07	0,81	0,94	0,59	0,37	4,74	27,13	2,9	9,9	23,9	36,5	23,4	3,3
PI-05	1,2 a 1,5	28,99	4,4	27,77	0,59	0,97	0,61	1,06	4,43	29,09	3,7	3,6	21,8	47,7	23,2	0

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat}/ (1+w_{nat})$;
(2) e_{nat} foi calculado pela correlação: $(\delta^* \gamma_w /\gamma_d) – 1$.
(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1+w_{nat})/(1+e)$
(4) Teor de umidade natural "*In Situ*"
(5) Compacidade relativa calculada através da equação $CR = (e_{máx} - e_{na})/(e_{máx} - e_{mín})$

A partir dos ensaios de granulometria, observou-se que o maciço de magnetita é composto por material predominantemente arenoso bem graduado entre material fino a grosso, com pequena quantidade de silte e argila, como pode ser observado na Tabela 8.3 e na Figura 8-4.

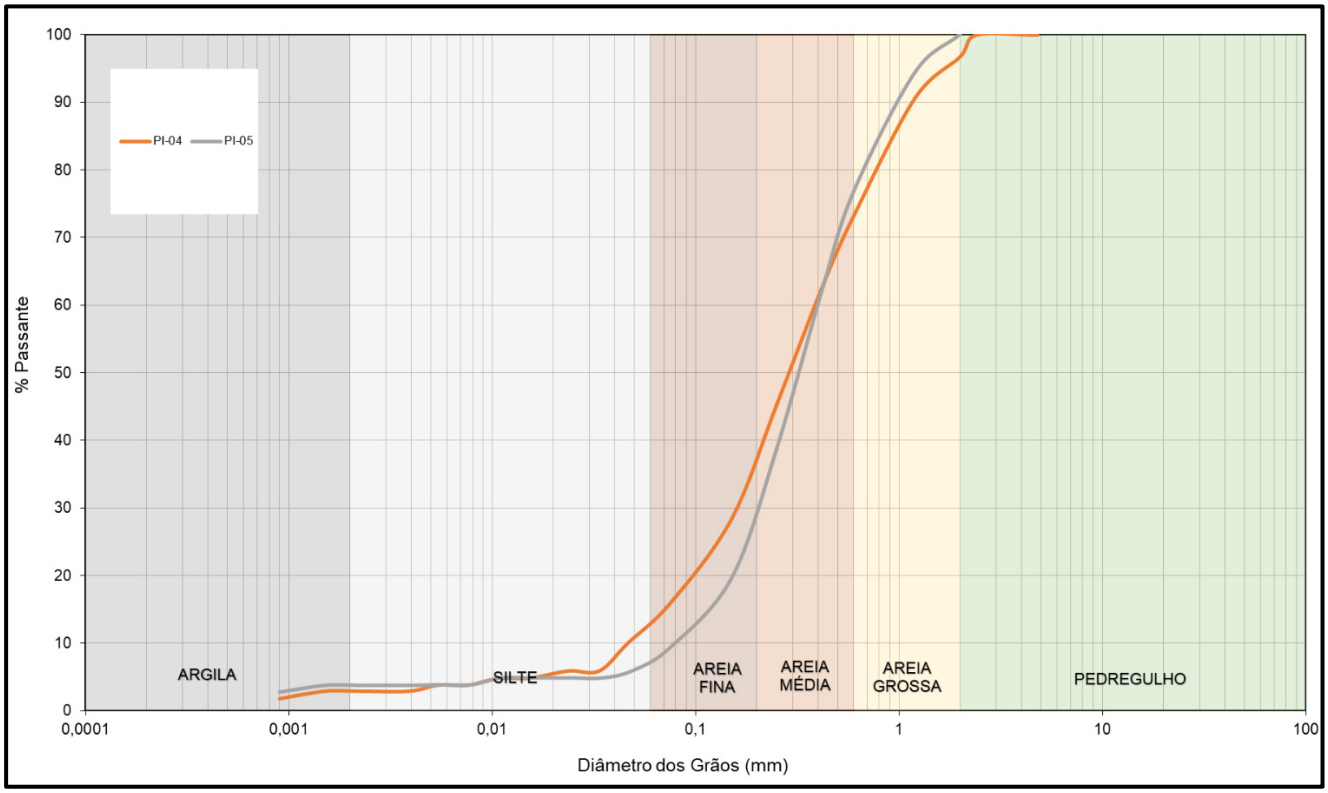


Figura 8-4 - Curvas granulométricas do maciço de magnetita.

8.2.3 Solo Residual de Fundação

Para a caracterização física do solo residual de fundação, foram utilizados os ensaios de laboratório realizados na campanha da Pattrol (2014) em um total de cinco amostras, sendo estas, as amostras PI06, PI07, PI08, PI09 e PI10, obtidas nas ombreiras da estrutura, cujos resultados de caracterização são apresentados na Tabela 8.4. Pode-se observar que a massa específica dos sólidos para o solo ficou entre 2,67 e 2,80 g/cm³, valores estes correspondentes a este tipo de material. Com relação ao peso específico saturado, a variação se deu de 14,38 a 18,67 kN/m³. Observa-se ainda que o índice de vazios sofreu grande variação entre as amostras, estando ainda o teor de umidade variando de 22,1 a 30%.

Tabela 8.4 – Resumo dos resultados de caracterização física do solo residual de fundação.

Amostra	Prof. (m)	γnat(5) (kN/m³)	w(4)nat (%)	γd (1) (kN/m³)	enat(2)	δ (g/cm³)	γsat(3) (kN/m³)	Granulometria					
								Arg	Sil	Ar. fin	Ar. méd	Ar. Gr	Ped
PI-06	2,15 a 2,45	14,51	26,7	11,45-	0,90	2,80	18,67	35,3	41,7	13,9	3,6	2,3	3,2
PI-07	2,15 a 2,45	11,59	22,1	9,49	1,31	2,72	14,38	14,4	53,4	21,3	3,4	1,6	2,8
PI-08	2,15 a 2,45	12,04	24,2	9,69	1,18	2,67	15,21	30,4	29,6	16,7	8,8	3,2	11,3
PI-09	1,15 a 1,45	11,31	28,3	8,81	1,45	2,79	14,61	39	31,1	16,9	6,7	2,2	4,1
PI-10	2,15 a 2,45	13,33	30,0	10,25	1,05	2,78	17,63	18,5	40,9	19,2	15	5,5	1

(1) γ_d foi calculado pela correlação: $\gamma_{nat}/ (1+w_{nat})$;
(2) e_{nat} obtido dos corpos de prova dos ensaios triaxiais
(3) γ_{sat} foi calculado pela correlação: $\gamma_s(1+w_{nat})/(1+e)$
(4) Teor de umidade natural "*In Situ*"
(5) Peso específico natural obtido dos corpos de prova dos ensaios triaxiais

A partir dos ensaios de granulometria, observou-se que o terreno natural é composto por material que varia de silto-areno-argiloso a argila silto arenosa com pequenas quantidades observados de material pedregulhoso, conforme pode ser observado na Tabela 8.4 e na Figura 8-5.

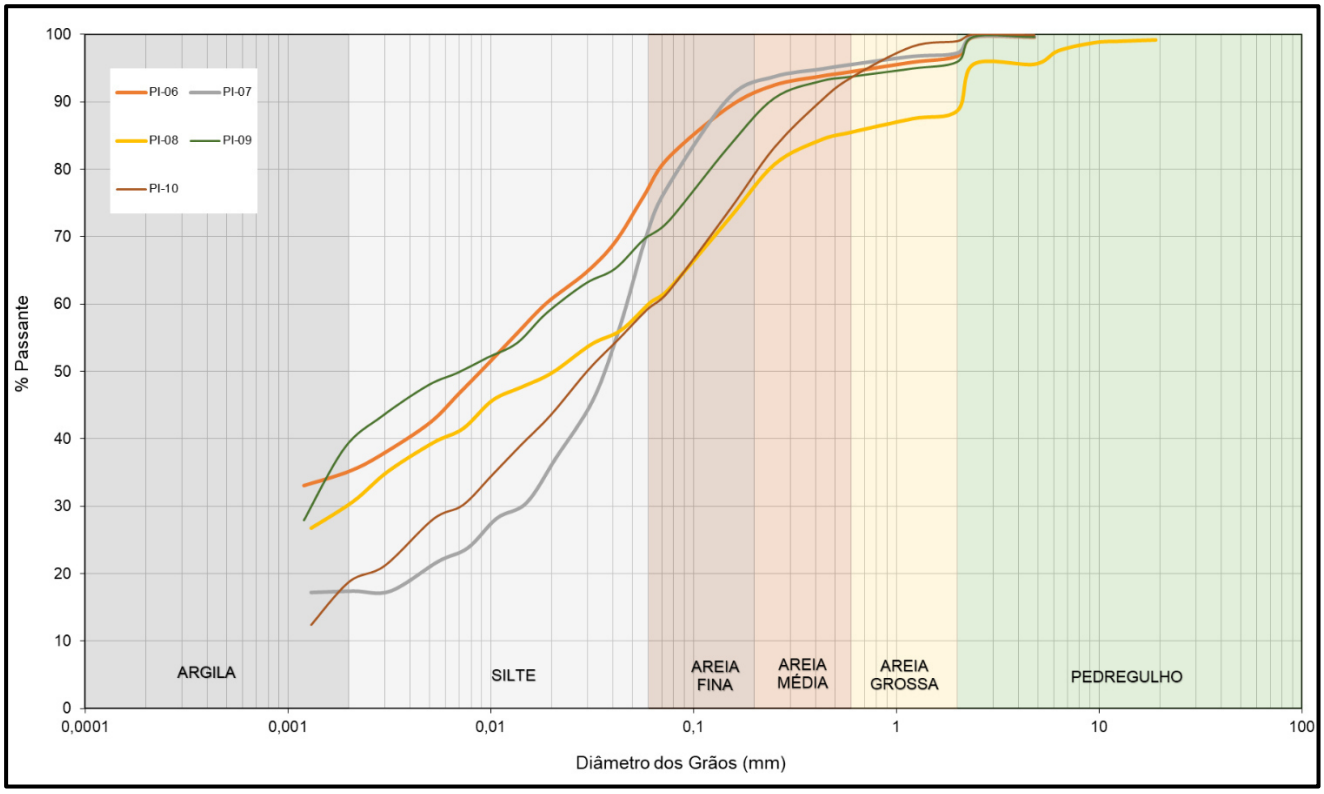


Figura 8-5 - Curvas granulométricas do solo residual de fundação

8.2.4 Reforço - Rejeito de Magnetita Utilizado no Projeto elaborado pela Walm em 2019

Segundo a Mosaic, os rejeitos de magnetita a serem utilizados no alteamento para a elevação 1.210,0 m, terão as mesmas características físicas e propriedades utilizadas no reforço projetado pela Walm em 2019. Com isso, este item tem o objetivo de apresentar os ensaios realizados neste material que foram fornecidos pela Mosaic e encontram-se apresentados no ANEXO A deste relatório.

Os ensaios realizados e disponibilizados, tiveram o intuito de definir o controle tecnológico de compactação deste material para garantir a implantação do reforço supracitado e foram realizadas a cada lote de 10.000 m³ de magnetita utilizada. A partir dos dados da Tabela 8.5, observa-se que o rejeito de magnetita é predominantemente arenoso, variando de granulometria fina a grossa. Pela curva granulométrica (Figura 8-6), observou-se observar que a porcentagem de finos é menor que 10% para ambos os ensaios realizados. Ademais, a partir de ensaios para determinação da permeabilidade em laboratório, obteve-se resultados compatíveis com material de granulometria arenosa (10 $^{-3}$ cm/s), como pode ser observado nos resultados de permeabilidade fornecidos. O índice de suporte Califórnia (I.S.C.) obtido variou entre 33 e 45 com uma expansão máxima de 1%.

Tabela 8.5 - Ensaios para determinação do controle de compactação no aterro de magnetita utilizado no Reforço.

Amostra	Tipo de amostra	Local	Material	ρd max (g/cm³)	h ót (%)	k20 (cm/s)	CBR	
							EXP	I.S.C
1	Deformada	8+00 - Lado Direito - 4ª Cam (Ref:28/05)	Magnetita (10000 m³)	2,952	7,8	9,12E-03	0,01	33,0
2	Deformada	8+00 - Lado Direito - 18ª Cam (Ref:04/06)	Magnetita (20000 m³)	2,971	5,9	7,64E-03	0,00	43,3
3	Deformada	6+00 - Lado Esquerdo - 23ª Cam (Ref:09/06)	Magnetita (30000 m³)	2,985	7,5	6,79E-03	0,00	45,5
4	Deformada	3+10 - Lado Esquerdo - 31ª Cam (Ref:15/06)	Magnetita (40000 m³)	2,998	7,3	6,90E-03	0,01	41,3

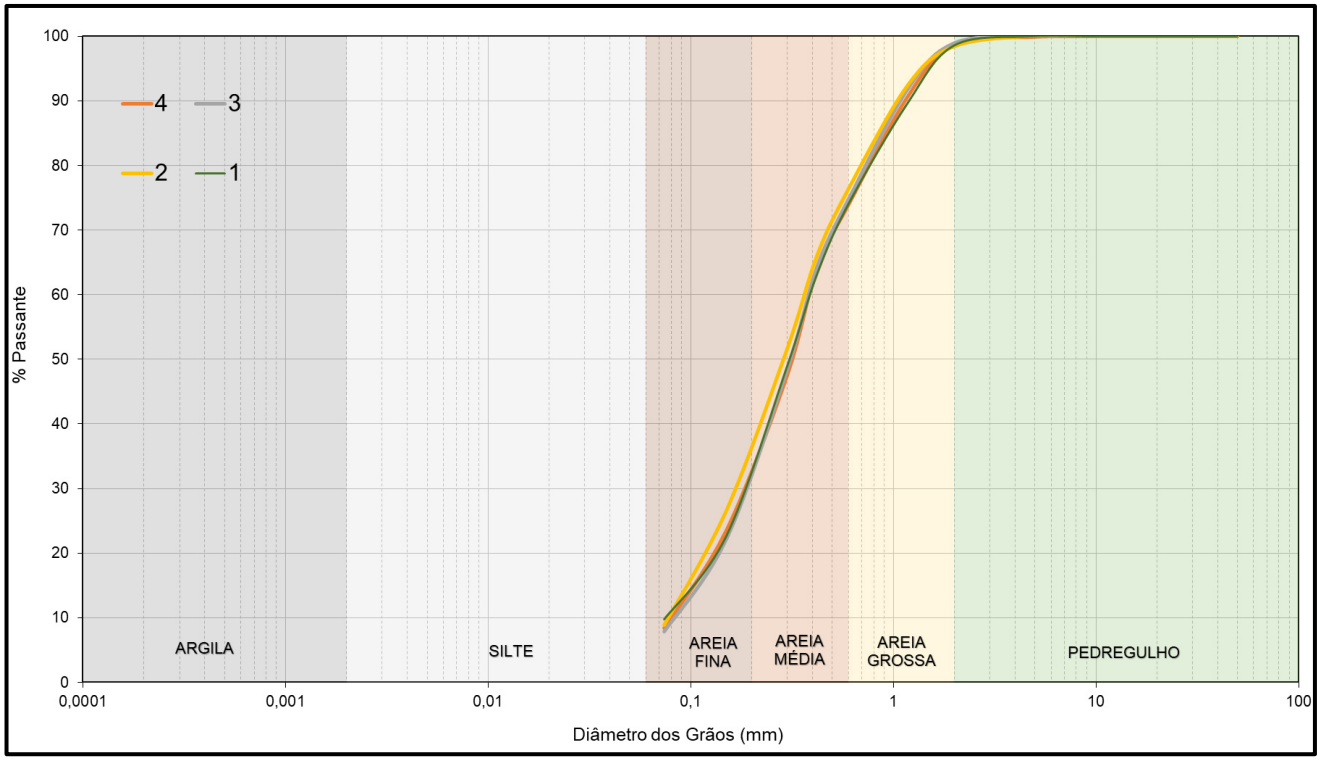


Figura 8-6 – Ensaio de caracterização física do Reforço – Curvas granulométricas da Magnetita.

Os dados do controle de compactação realizados no reforço estão apresentados na Tabela 8.6. Foram realizados um total de 50 ensaios utilizando o método de Hilf. Pode se observar que a média do Grau de Compactação (GC) seco foi de 99,9 % com desvio padrão de 1,4 %.

Além disso, a média do desvio de umidade foi de -0,4%, com um desvio padrão igual a 1,2 %. Com essas considerações, o peso específico “in situ” teve média igual a 31,76 kN/m³, e variou de 30,15 a 33,03 kN/m³.

Tabela 8.6 - Resultado de controle de compactação

Análise Global	Resultados de Laboratório - HILF				Resultados de Campo - HILF						
	Peso Esp. Máximo			Umidade (%)	Peso Específico "in situ"		Umidade (%)	Desvio de Umidade (%)	GC Úmido (%)	GC Seco (%)	Eficiência (%)
	Ponto 0%	Convertido	Seco	Hot	Úmido	Seco					
N° de Eventos	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Média	3,248	3,252	3,043	6,9	3,238	3,041	6,5	-0,4	99,6	99,9	99,7
Desvio Padrão	0,1	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	1,1	1,2	1,1	1,4	1,1
Mínimo	3,100	3,104	2,873	5,4	3,074	2,895	4,1	-2,0	95,4	95,8	95,5
Máximo	3,354	3,354	3,177	8,9	3,367	3,138	9,2	2,0	101,9	103,0	102,0

9.0 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Neste item são apresentadas as avaliações geotécnicas utilizadas na determinação do maciço, seções geotécnicas adotadas, os parâmetros geotécnicos dos materiais de fundação, maciço e rejeito e as análises de percolação e estabilidade realizadas para a Barragem BR (Tapira).

Para as análises de Percolação e Estabilidade, foi elaborado um modelo computacional baseado nas investigações geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos até então apresentados. O modelo computacional foi realizado utilizando-se o software Slide da empresa Rocscience, versão 2018. Este modelo levou em consideração os estudos de percolação e estabilidade calibrados através da instrumentação existente na Barragem e suas leituras em um período correspondente aos dois últimos anos. Os itens que seguem apresentam os estudos geotécnicos realizados na Barragem BR.

9.1 ANÁLISES DE PERCOLAÇÃO E ESTABILIDADE – CONDIÇÃO ATUAL – ELEVAÇÃO 1.200,0 M

9.1.1 Análise De Percolação – Regime Permanente

A partir da análise dos dados de instrumentação verificados nos últimos dois anos foram definidas as condições de variação de pressão neutra e carga piezométrica atuantes nos materiais constituintes da estrutura da Barragem BR. Em função da diferença de nível d'água a montante e a jusante da Barragem, e consequentemente, da ocorrência de fluxo de agua através dos materiais que constituem a estrutura, se fez necessária a determinação de uma rede de fluxo em regime permanente representativa das condições observadas na instrumentação para as análises de estabilidade que irão subsidiar a nova geometria do maciço.

Para a determinação da rede de fluxo foi utilizado o software Slide da Rocscience. A referida ferramenta aplica o método dos elementos finitos (MEF) ao problema de percolação, determinando a rede de fluxo (linhas de fluxo e equipotenciais de poropressão) a partir de condições de contorno e das condutividades hidráulicas dos materiais.

9.1.1.1 Níveis Piezométricos e Freáticos

Para representar a condição inicial de obra, em relação a linha freática, será considerada a condição crítica observada no histórico de dois anos de instrumentação disponibilizada pelo cliente. Tal cenário é justificado pela sazonalidade do nível d'água e o desconhecimento do momento de início e fim da obra de alteamento.

Os instrumentos presentes na seção de análise são listados na Tabela 9.1, na qual são apresentadas as leituras mais recentes, além da máxima e mínima nos últimos dois anos, sendo que as leituras máximas aconteceram no período de novembro de 2018 a fevereiro de 2019.

Tabela 9.1 - Dados da instrumentação utilizada – Seção E-E'

Instrumento	Medições		
	04/2020 (leitura mais atual)	11/2018 a 02/2019 (N.A. máximo dos últimos 2 anos)	08/2019 a 11/2019 (N.A. mínimo dos últimos 2 anos)
INA-05	1.158,8	1.159,8	1.158,2
INA-06	1.147,4	1.152,5	1.146,1
INA-07	1.146,3	1.151,1	1.145,4
INA-104	1.145,5	1.145,5(1)	1.144,4(1)
PZ-102	1.149,9	1.150,2(2)	1.148,5(2)
PZ-103	1.147,1	1.147,3(2)	1.145,8(2)
PZ-107	1.145,5	1.145,5(2)	1.144,4(2)

1- Máxima em 04/2020 e mínima em 12/2019.
2- Máximas em 07/2019 e mínimas em 12/2019

9.1.1.2 Condutividades Hidráulicas Obtidas por Calibração do Modelo

As condutividades hidráulicas obtidas na consolidação das investigações geotécnicas (DF19-263-1-EG-RTE-0001) foram aplicadas inicialmente nas análises, porém, no decorrer da modelagem, as permeabilidades foram sendo calibradas, variando-se os valores previamente definidos na consolidação para se obter uma rede de fluxo representativa, tal que a linha freática estabelecida estivesse coerente com os medidores de nível d'água e as equipotenciais com as medições piezométricas.

Tal variação se dá não só devido às incertezas inerentes à medição da permeabilidade em campo ou laboratório, como também, devido à simplificação de modelos 2D em relação à condição real 3D. A Tabela 9.2 apresenta os valores de condutividade hidráulica adotados após calibração do modelo.

Tabela 9.2 - Parâmetros hidráulicos

Material	K (m/s)	K_x/K_y
Rejeito	$1,0 \times 10^{-6}$	1
Magnetita	$1,3 \times 10^{-5}$	1
Solo Residual (Fundação)	$1,0 \times 10^{-6}$	1
Dique de Partida	$8,0 \times 10^{-9}$	1
Enrocamento	$1,0 \times 10^{-3}$	1
Filtro (Areia)	$1,0 \times 10^{-5}$	1
Brita 1	$5,0 \times 10^{-4}$	1

9.1.1.3 Condição de Contorno e Resultado da Percolação

As condições de contorno consideradas no modelo de percolação da seção E-E' foram ajustadas aos dados obtidos pela instrumentação da barragem (INAs e piezômetros; régua linimétrica). Uma vez que a posição da linha d'água no interior do maciço é variável em função da sazonalidade da região (período chuvoso e período de estiagem), foi considerada a condição crítica para análise. Tal condição consiste no N.A. máximo observado nos instrumentos no período de abrangência dos dados recebidos para os anos de 2017 a 2019.

Dessa forma, foram adicionadas duas condições de contorno: carga total de água a montante no reservatório e carga total de água a jusante no pé do dique. A carga a montante foi definida a partir do nível d'água do reservatório determinado pelas leituras da régua de medição do N.A., enquanto a carga a jusante foi definida a partir da condição de que o fluxo de água passa pela saída do dreno a jusante, localizado no pé do maciço. Logo:

- Carga hidráulica total a montante = 1.193,4 m;
- Carga hidráulica total a jusante = 1.141,6 m.

Após definidas as condições de contorno e calibração das permeabilidades no modelo, a rede de fluxo que mais se adequou aos resultados da instrumentação existente está apresentada na Figura 9-1. Nesta figura também é apresentada a configuração das linhas equipotenciais de carga hidráulica total, carga de montante e jusante. Já na Figura 9-2 é apresentada, além das cargas totais, as linhas de fluxo distribuídas na estrutura da Barragem BR. Comparando-se a carga a montante e a jusante do maciço observa-se que houve perda de 52 m de carga hidráulica ao longo do rejeito de flotação e maciço de magnetita.

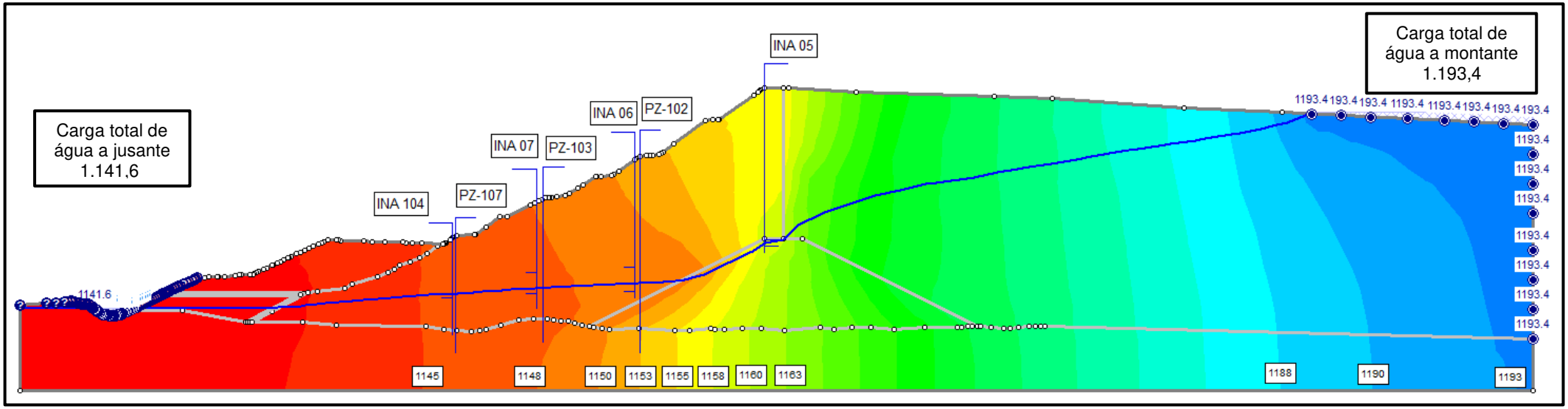


Figura 9-1 – Condições de contorno consideradas no modelo de percolação – seção E-E'.

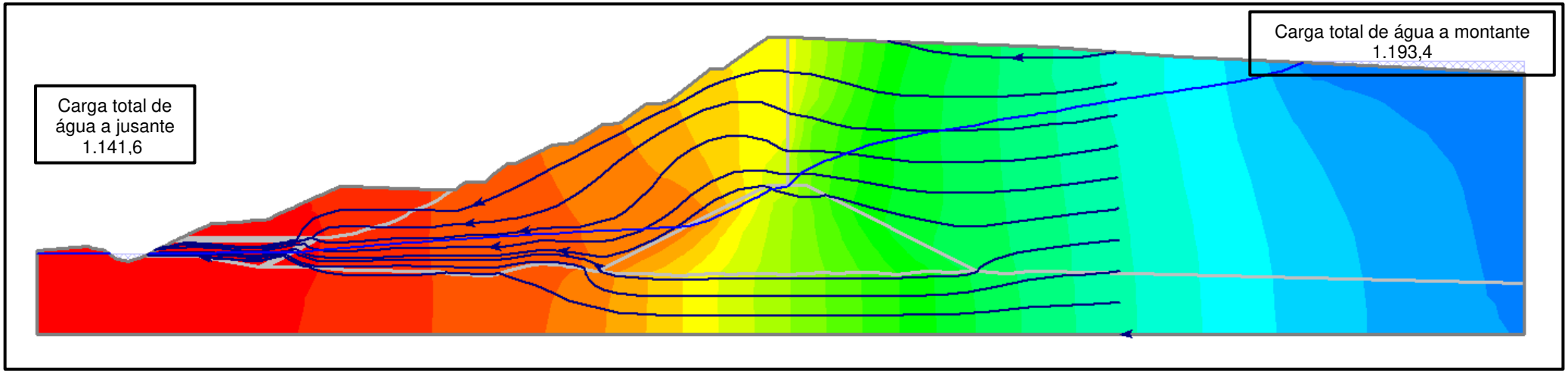


Figura 9-2 – Condições de contorno consideradas no modelo de percolação e linhas de fluxo obtidas – seção E-E'.

9.1.2 Análise de Estabilidade

As análises de estabilidade determinísticas aplicam parâmetros não variáveis para quantificar o fator de segurança (FS). Essas análises foram realizadas segundo o critério de ruptura de Mohr–Coulomb e o método de equilíbrio limite, para rupturas circulares.

Para tal, foi utilizado o software Slide desenvolvido pela Rocscience. Adotou-se o método Morgenstern e Price (1967), por se tratar de um método rigoroso, que avalia a estabilidade com base no equilíbrio de forças e também no equilíbrio de momentos.

As análises de estabilidade foram realizadas tanto para a condição atual, quanto para a condição pós alteamento. Para a condição atual será apresentado aqui apenas as análises para as seções D-D' e E-E'. Para a condição pós alteamento, além das seções D-D' e E-E', serão apresentadas, também, as análises para as seções A-A', B-B', C-C' e F-F'.

9.1.2.1 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros utilizados nas análises determinísticas foram definidos na consolidação de dados das investigações existentes (DF19-263-1-EG-RTE-0001) e estão resumidos na Tabela 9.3.

Tabela 9.3 – Parâmetros de resistência na condição drenada e não drenada

Material	γnat (kN/m³)	γsat (kN/m³)	c' (kN/m²)	ϕ' (°)	Su pico σ'_v
Rejeito	19	20	0	36	0,26
Magnetita	28	29	0	34	0,23
Solo Residual (Fundação)	-	17	7	30	-
Dique de Partida	-	19	20	30	-
Enrocamento	-	22	0	40	-
Filtro (Areia)	-	20	0	35	-
Brita 1	-	22	0	35	-

9.1.2.2 Regime de Solicitação Analisado

A Tabela 9.4 apresenta as condições mínimas utilizadas nas análises de estabilidade segundo NBR 13.028/2017, com os fatores de segurança (FS) mínimos sugeridos pela mesma e os adotados pela DF+ para este projeto. Foram verificadas todas as seções instrumentadas do maciço, considerando rupturas circulares e não-circulares pelos métodos de Morgenstern-

Price e Spencer, estando apresentadas neste relatório apenas os resultados obtidos pelo método de Morgenstern-Price.

Em relação a resistência ao cisalhamento, as análises de estabilidade foram verificadas para duas condições:

(i) Condição drenada, que considera resistência ao cisalhamento drenada a partir de envoltória de ruptura de *Mohr-Coulomb* pelos parâmetros efetivos c' e ϕ';

(ii) Condição não drenada, que ocorreria em caso de gatilho de liquefação e ruptura progressiva, sendo analisada a condição de resistência não drenada de pico e resistência não drenada liquefeita.

Além disto, também foram verificadas as condições de sismo, esses tipos de solicitações são geralmente oscilatórias, multidirecionais e atuam apenas por instantes no tempo. Apesar desta resposta complexa, forças estáticas são usadas para representar o efeito do carregamento dinâmico, aplicando-se o método pseudo-estático. Uma análise pseudo-estática representa os efeitos do sismo por acelerações que criam forças inerciais, tais forças atuam no centróide de cada fatia, nas direções horizontal e vertical. As forças são definidas como:

$$F_h = \frac{a_h . W}{g} = k_h . W$$

$$F_v = \frac{a_v . W}{g} = k_v . W$$

Onde $\mathbf{a_h}$ e $\mathbf{a_v}$ são as acelerações pseudoestáticas verticais e horizontais; **g** é a aceleração da gravidade; **W** é o peso da fatia; $\mathbf{k_h}$ e $\mathbf{k_v}$ são coeficientes correspondentes respectivamente à $\mathbf{a_h/g}$ e $\mathbf{a_v/g}$.

Conforme discutido no item 7.3, para a área onde a Barragem BR está situada são indicados coeficientes $\mathbf{k_v}$ e $\mathbf{k_h}$ de 0,06 na direção vertical e 0,1 na direção horizontal.

Em resumo, para todas as seções foram realizadas quatro diferentes condições de análise, conforme apresentado na Tabela 9.4. Também na tabela estão indicados os Fatores de Segurança (FS) mínimos adotados para cada condição.

Tabela 9.4 – Fatores de Segurança (FS) mínimos

Regime De Solicitação	F.S. mín NBR 13.028/2017	F.S. mín Adotado - Alteamento
Resistência ao cisalhamento drenada para todos os materiais	1,5	1,5
Gatilho de liquefação, carregamento rápido, resistência ao cisalhamento não drenada de pico para o rejeito saturado	1,3	1,5
Gatilho de liquefação, ruptura progressiva, strain-softening, resistência não drenada liquefeita para o rejeito saturado	1,1	1,25
Sismo, resistência não drenada de pico para o rejeito saturado (aceleração de 0,1 na horizontal e 0,06 na vertical)	1,1 (1)	1,1

Nota (1): Para a análise pseudo-estática foram considerados os seguintes valores de referência, conforme apresentado no item 7.3.

- Aceleração horizontal igual a 0,10g (10% da aceleração da gravidade);
- Aceleração vertical igual a 0,06g (6% da aceleração da gravidade).

9.1.2.3 Seções de Ombreira – Instrumentação

Para a seção de ombreira (DD'), não foi possível utilizar os mesmos parâmetros obtidos da percolação anterior (item 9.1.1.3) basicamente em função das condições tridimensionais de fluxo na região. Com isso, foi utilizada para apresentar a condição atual da seção, as leituras atuais da instrumentação instalada na mesma, como apresentado na Tabela 9.5.

Tabela 9.5 - Dados da instrumentação utilizados como condição de início de obra e com N.A máximo dos últimos 2 anos

Seção	Instrumento	Medições 04/2020 (leitura mais atual)
D-D'	INA-02	Seco
	INA-03	Seco
	INA-04	1.146,7
	INA-105	1.145,6
	PZ-104	1.157,3
	PZ-105	1.136,2
	PZ-108	1.146,0

9.1.2.4 Resultados das Análises de Estabilidade

Para a condição atual da estrutura obteve-se os resultados apresentados na Tabela 9.6 abaixo e suas imagens se encontram no APÊNDICE A deste relatório.

Tabela 9.6 – Resultados das análises de estabilidade

Cenário	FS_{obt}	
	Seção DD – Freática Simples	**Seção EE - Percolação**
Resistência ao cisalhamento drenada para todos os materiais (ruptura circular)	1,54	1,55
Gatilho de liquefação, carregamento rápido, resistência ao cisalhamento não drenada de pico para o rejeito saturado (ruptura circular)	1,49	1,41
Sismo, resistência não drenada de pico para o rejeito saturado (aceleração de 0,1 na horizontal e 0,06 na vertical) (ruptura circular)	1.21	1,06

9.2 ANÁLISES DE PERCOLAÇÃO E ESTABILIDADE – CONDIÇÃO PÓS ALTEAMENTO - ELEVAÇÃO 1.210,0 M

Este capítulo apresentará as análises geotécnicas considerando a estrutura na elevação 1.210,0 m. Tais análises serão apresentadas para demonstrar que, após a execução do alteamento, os fatores de segurança mínimos exigidos serão garantidos.

As análises de percolação e estabilidade foram realizadas segundo a configuração apresentada na Figura 9-3. O maciço foi proposto com bermas de 6, 15, 20 e 25 m de largura, altura de 10 m e inclinação 2:1.

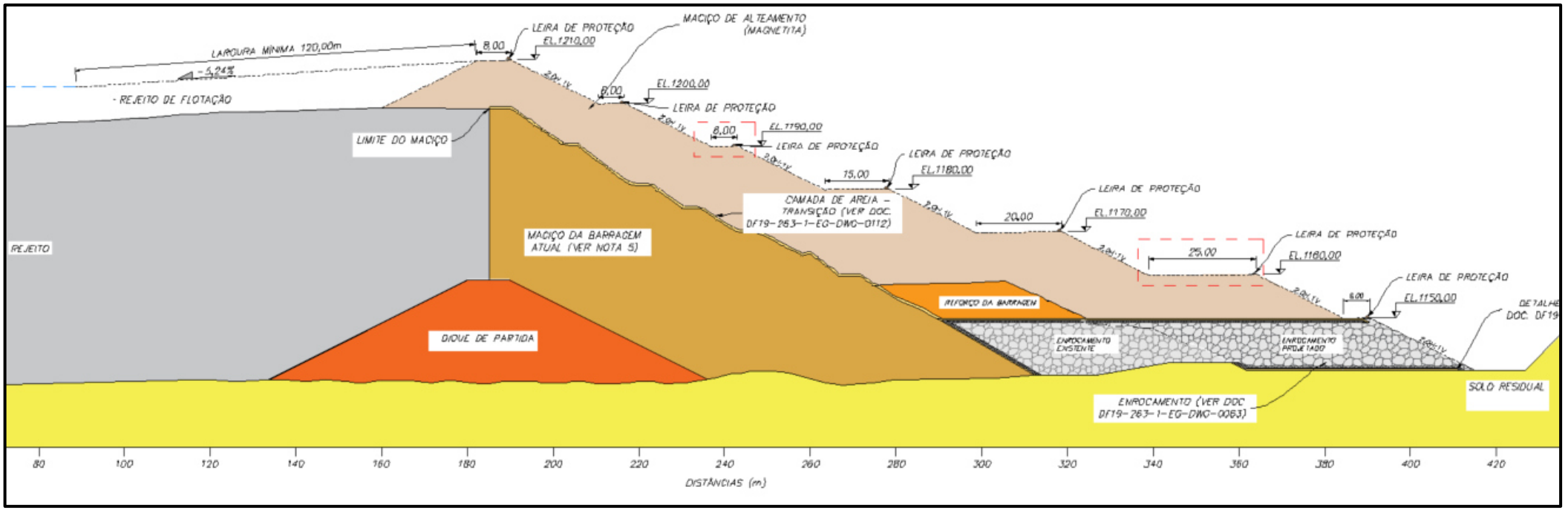


Figura 9-3 – Maciço proposto para o alteamento

9.2.1 Critérios e Premissas

- Todas as premissas e critérios adotados para realização das análises de percolação e estabilidade encontram-se apresentadas no relatório DF19-258-1-EG-RTE-0001.

- Ademais, o fator de segurança mínimo, utilizando a resistência ao cisalhamento não drenada liquefeita deve ser 1,25.

9.2.1 Condição de Contorno e Resultado da Percolação

As condições de contorno consideradas no modelo de percolação da seção E-E' foram ajustadas aos dados obtidos pela instrumentação da barragem (INAs e piezômetros; régua linimétrica), como já foi informado no item 9.1.1.

Dessa forma, estando o modelo já calibrado, definiu-se duas condições de contorno para a elevação 1.210,0 m: carga total de água a montante no reservatório e carga total de água a jusante no pé do dique. A carga a montante foi definida a partir do N.A. *máx maximorum* proveniente dos estudos hidrológicos, enquanto a carga a jusante foi definida a partir da condição de que o fluxo de água passa pela saída do dreno a jusante, localizado no pé do maciço. Logo:

- Carga hidráulica total a montante = 1.203,9 m;

- Carga hidráulica total a jusante = 1.141,6 m.

Após definidas as condições de contorno e calibração das permeabilidades no modelo, a rede de fluxo que mais se adequa aos resultados da instrumentação existente está apresentada na Figura 9-4. Nesta figura também é apresentada a configuração das linhas equipotenciais de carga hidráulica total, carga de montante e jusante. Já na Figura 9-5 é apresentada, além das cargas totais, as linhas de fluxo distribuídas na estrutura da Barragem BR. Comparando-se a carga a montante e a jusante do maciço observa-se que houve perda de 52 m de carga hidráulica ao longo do rejeito de flotação e maciço de magnetita.

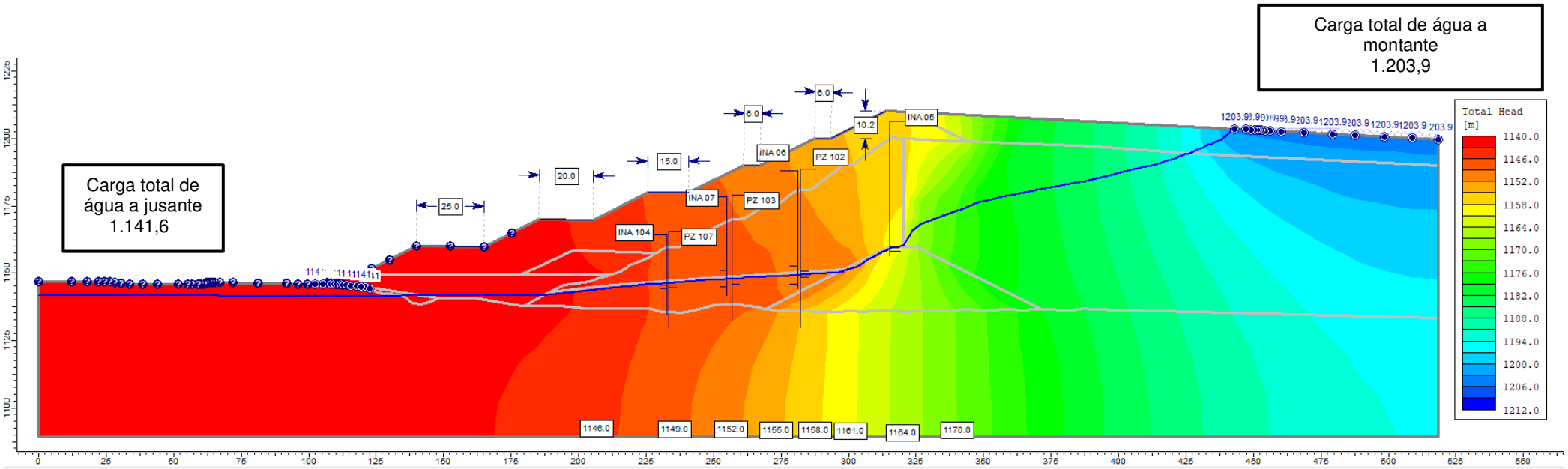


Figura 9-4 – Condições de contorno consideradas no modelo de percolação – seção E-E'.

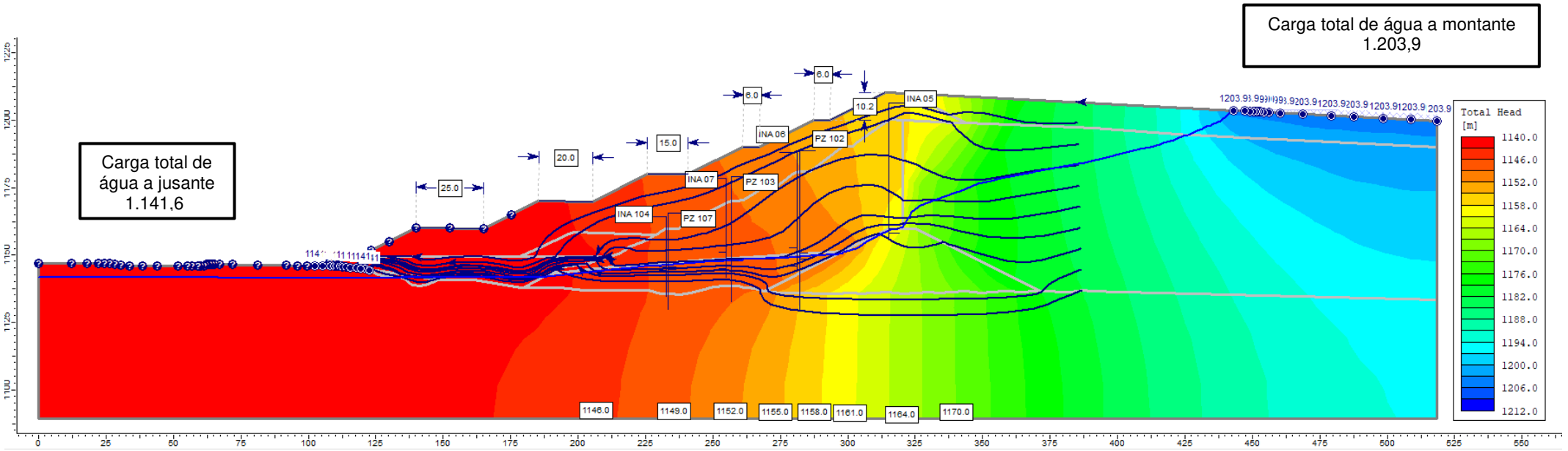


Figura 9-5 – Condições de contorno consideradas no modelo de percolação e linhas de fluxo obtidas – seção E-E'.

9.2.2 Análise de Estabilidade

As análises de estabilidade seguiram o mesmo critério já indicado no item 9.1.2, com a ressalva que, para a condição alteada, as análises foram realizadas em todas as seções já apresentadas (AA', BB', CC', DD', EE' e FF'), sendo que, unicamente para a seção EE' utilizou-se da percolação, e para as outras seções, freática simples.

9.2.2.1 Parâmetros de Resistência

Os parâmetros utilizados nas análises determinísticas foram apresentados no item 9.1.2.1.

9.2.2.2 Regime de Solicitação Analisado

O regime de solicitação foi apresentado no item 9.1.2.2.

9.2.2.3 Seções de Ombreira – Instrumentação

Para as seções de ombreira, não foi possível utilizar os mesmos parâmetros obtidos da percolação anterior (item 9.1.1.3) basicamente em função das condições tridimensionais de fluxo na região. Com isso, para estas seções de ombreira foram utilizadas as leituras máximas dos últimos dois anos (Tabela 9.7) e aplicando o incremento δh de carga observado a partir da calibração executada na seção EE, item 9.1.1.3, quando a mesma foi alteada para a elevação 1.210,0 m.

Tabela 9.7 - Dados da instrumentação utilizados como condição de início de obra e com N.A máximo dos últimos 2 anos

Seção	Instrumento	Medições	
		04/2020 (leitura mais atual)	11/2018 a 02/2019 (N.A. máximo dos últimos 2 anos)
A-A'	INA-09	1.182,3	1.183,1
B-B'	INA-01	Seco	1.165,2
C-C'	INA-102	1.153,2	1.153,2 (1)
	INA-103	1.154,4	1.154,4 (1)
	INA-OE-01	1.154,3	1.154,7 (1)
	PZ-106	1.154,1	1.154,1 (1)
	PZ-109	1.154,3	1.154,3 (1)
D-D'	INA-02	Seco	Seco
	INA-03	Seco	1.152,2
	INA-04	1.146,7	1.151,3
	INA-105	1.145,6	1.145,6
	PZ-104	1.157,3	1.157,3 (1)
	PZ-105	1.136,2	1.136,2 (1)

Seção	Instrumento	Medições	
		04/2020 (leitura mais atual)	11/2018 a 02/2019 (N.A. máximo dos últimos 2 anos)
	PZ-108	1.146,0	1.146,0(1)
F-F’	INA-08	Seco	1.162,7

1 - As máximas históricas foram contabilizadas a partir da sua instalação, já que os instrumentos foram instalados em 2019.

9.2.2.3.1 Condição pós alteamento

Os resultados das análises para as 6 seções instrumentadas encontram-se apresentadas na Tabela 9.8. Observa-se que em todas as seções o fator de segurança atingido foi superior ao preconizado pelas normas brasileiras e aos premissados.

Os resultados com as imagens, para cada seção, encontram-se apresentados no Apêndice B deste relatório.

Tabela 9.8 – Fator de segurança calculado por seção.

Condição da análise			Fator de Segurança (FS)					
			Seção A-A’	Seção B-B’	Seção C-C’	Seção D-D’	Seção E-E’	Seção F-F’
Rejeito com parâmetros de resistência drenada	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,5					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,5					
	FS obtido	Circular	1,82	2,07	2,05	2,04	1,91	1,96
		Não circular	1,77	2,05	2,06	2,04	1,92	2,00
Rejeito saturado com resistência não drenada de pico $Su_{(pico)}/\sigma'_v$	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,3					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,5					
	FS obtido	Circular	1,82	2,07	1,97	1,89	1,77	1,96
		Não circular	1,77	2,05	1,97	1,90	1,78	2,00
Rejeito saturado com resistência não drenada liquefeito $Su_{(pico)}/\sigma'_v$	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,10					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,25					
	FS obtido	Circular	1,82	2,09	1,28	1,26	1,32	1,96
		Não circular	1,88	2,10	1,28	1,25	1,28	2,00

Condição da análise			Fator de Segurança (FS)					
			Seção A-A'	Seção B-B'	Seção C-C'	Seção D-D'	Seção E-E'	Seção F-F'
Rejeito saturado com resistência não drenada de pico com sismo $Su_{(pico)}/\sigma'_v$	FS mínimo NBR 13.028/2017		1,10					
	FS mínimo adotado – EL. 1210,0 m		1,10					
	FS obtido	Circular	1,37	1,51	1,40	1,34	1,28	1,44
		Não circular	1,33	1,50	1,40	1,33	1,29	1,49

Nota 1 – Para uma mesma seção foram realizadas 2 análises de estabilidade em momentos distintos, considerando as 4 condições de análises (drenada, não drenada - pico, não drenada - liquefeita e não drenada - sismo) tanto para rupturas circulares, quanto não circulares. A primeira análise mostra de forma global e com os limites de entrada e saída o resultado do fator de segurança mínimo e a locação da cunha de ruptura. De posse de tais informações, foi realizado um refinamento a partir da locação da cunha de ruptura crítica de cada cenário avaliado com o intuito de estudar e corroborar o fator de segurança encontrado anteriormente. Para o dimensionamento, foi considerado a condição que resultou em menor fator de segurança.

9.3 MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DE LIQUEFAÇÃO

O processo sugerido pela DF+ para mitigar o modo de falha de liquefação dos rejeitos de magnetita a serem utilizados no projeto de alteamento da BR para a elevação 1210,0 m envolve três etapas, descritas a seguir:

1) Elaboração da geometria do maciço de modo a garantir $F.S._{mín}$ de 1,25, para todas as seções instrumentadas nas análises de estabilidade mobilizando a resistência liquefeita dos materiais;
2) Execução de aterro experimental utilizando o rejeito de magnetita que será utilizado no alteamento, com o intuito de mostrar que é possível controlar a densidade deste material e atingir graus de compactação mínimos exigidos pela especificação técnica construtiva;
3) Elaboração de relatório técnico justificativo mostrando que a magnetita a ser compactada para construção do alteamento da Barragem BR apresentará comportamento dilatante para as tensões submetidas no mesmo, considerando a Barragem em sua elevação final (1.230 m). Serão utilizados os resultados obtidos no aterro experimental além da realização de ensaios de laboratório.

Cabe ressaltar que o valor de $F.S._{mín}$ de 1,25, face à ausência de normas que estabelecem tal critério, é superior ao mínimo recomendado no Termo de Referência para Descaracterização de Barragens Alteadas Pelo Método de Montante, SEMAD/FEAM n° 2781 de 21 de março de 2019 (valor recomendado de 1,1).

9.3.1 Geometria do Maciço da Barragem BR

Para determinação da nova geometria do maciço, foi considerado as premissas apresentadas no item 6.0 deste relatório.

9.3.2 Aterro Experimental

A DF+ propôs para o alteamento da BR, a realização de aterro experimental para garantir a execução e controle tecnológico conforme especificado em projeto. Os resultados obtidos, serão avaliados em relatório técnico a ser desenvolvido pela DF+ para confirmar o comportamento dilatante (não susceptível à liquefação) do rejeito de magnetita quando submetido às tensões atuantes no maciço para a EL. 1.230 m.

9.3.3 Mitigação do Processo de Liquefação do Rejeito de Magnetita

A partir dos parâmetros obtidos da Etapa 2, referente ao aterro experimental, será elaborada nova Especificação Técnica de Ensaios de Laboratório para subsidiar a última etapa do processo de mitigação do modo de falha. Com o resultado dos ensaios triaxiais a serem especificados, será possível verificar as trajetórias de tensões correspondentes a cada grau de compactação obtidos da curva de compactação da magnetita, analisar se naqueles pontos o material apresenta comportamento contrátil ou dilatante e concluir acerca da susceptibilidade ou não do rejeito de magnetita à liquefação.

A análise dos ensaios e validação deste processo ocorrerá em etapa posterior, sendo o marco 07 deste projeto e será apresentado no documento DF19-263-1-EG-RTE-0004.

10.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológicos e hidráulicos têm por objetivo a determinação do nível de água máximo *maximorum*, vazões afluentes e efluentes ao reservatório e dimensionamento da drenagem superficial do maciço, considerando o alteamento da crista da Barragem BR para a elevação. 1.210,00 m.

Como a barragem foi classificada com DPA alto, no que tange à vazão de projeto para verificação do sistema extravasor, foi adotado o tempo de retorno de 10.000 anos, conforme preconiza a NBR 13.028/2017.

Para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial também foi utilizada a norma supracitada, que preconiza:

"[...]

a) dispositivos de pequenas vazões, como canaletas de berma e descidas d'água: considerar as vazões calculadas para período mínimo de recorrência de 100 anos; e

b) dispositivos de grandes vazões, tais como canais de coleta e condução d'água: considerar vazões calculadas para períodos mínimos de recorrência de 500 anos."

Para tanto, foram desenvolvidos estudos de chuvas intensas na região da estrutura, associadas ao risco hidrológico dos eventos, de forma a subsidiar as simulações das estruturas propostas para o sistema extravasor e para drenagem superficial. Tais estudos são apresentados a seguir.

10.1 ESTUDO DE CHUVAS INTENSAS

10.1.1 Dados Pluviométricos

A caracterização do regime pluviométrico médio anual na área do projeto foi realizada a partir da análise das estações pluviométricas localizadas na região do empreendimento, pertencentes a rede de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE-SP). A relação das estações analisadas está apresentada na Tabela 10.1 e na Figura 10-1.

Tabela 10.1 - Estações pluviométricas próximas ao empreendimento.

Código	Nome	Município	Responsável	Período	Latitude	Longitude	Dist. Proj. (km)	El. (m)
1946011	Tapira	Tapira	ANA	1974-2019	S 19°55'37"	W 46°49'31"	7,85	-
2047042	Usina São Joaquim	São Joaquim da Barra	DAEE-SP	1931-1971	S 20° 0'0	W 47° 0'0	24,52	600,0
1946019	Argenita	Ibiá	ANA	2000-2019	S 19°40'30	W 46°40'58	24,76	950,0
2047037	Desemboque	Sacramento	ANA	1971-2019	S 20° 0'49"	W 47° 1'9"	27,11	960,0
1946001	Barreiro do Araxá (INMET)	Araxá	ANA	1941-1943	S 19°36'0"	W 46°53'60"	29,55	975,0
1946002	Araxá (INMET)	Araxá	ANA	1941-1978	S 19°34'60"	W 46°53'60"	31,43	950,0
1947025	Itaipu	Araxá	ANA	2000-2019	S 19°36'1"	W 47°12'32"	49,55	-

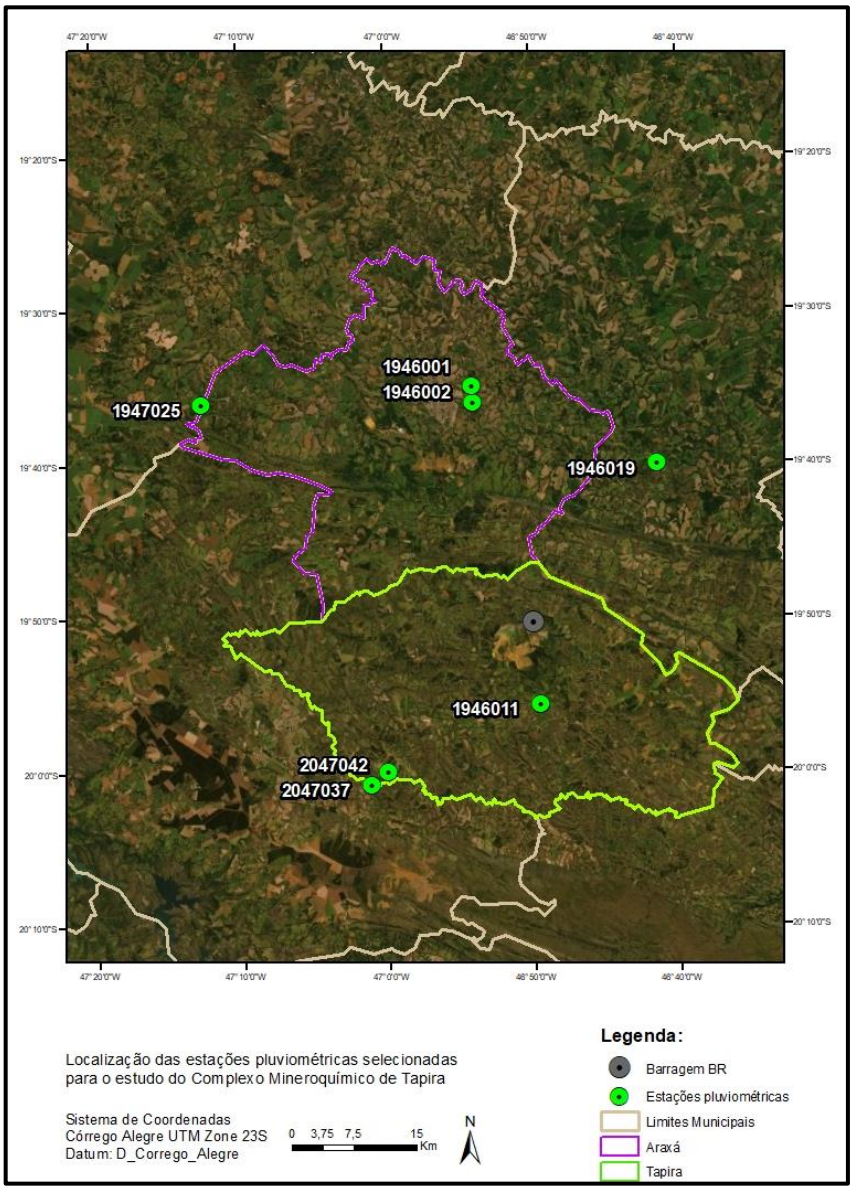


Figura 10-1 - Mapa de localização das estações pluviométricas selecionadas.

10.1.2 Escolha da Estação de Referência

Para seleção da estação e caracterização pluviométrica selecionou-se aquela que apresentou qualidade de dados (menor número de falhas), homogeneidade nas informações, extensão da série, como também, consistência dentro de uma visão regional e proximidade com o projeto.

Assim, a partir da análise dos dados, a estação tomada como representativa para auxiliar nos estudos, foi a estação Tapira (código ANA 1946011). Na Tabela 10.2 são apresentadas as informações da estação selecionada.

Tabela 10.2 - Dados da Estação Tapira.

Dados da Estação	
Código	1946011
Nome	Tapira
Bacia	6 - Rio Paraná
Sub-bacia	60 - Rio Parnaíba
Estado	Minas Gerais
Município	Tapira
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	S 19°55'37"
Longitude	W 46°49'31"
Período de dados disponível	1974 a 2019

10.1.3 Chuvas de Projeto

O cálculo das chuvas de projeto foi realizado utilizando apenas os dados consistidos de altura de chuva diária da estação Tapira (ANA), correspondentes ao período de 1974 a 2019. Inicialmente, para o período de dados disponível, foram selecionados os valores máximos anuais de altura de chuva diária para cada ano hidrológico.

Devido ao extenso período de dados disponíveis, foi realizada uma supressão dos anos com falhas, com base no ano hidrológico. Desse modo, os anos hidrológicos considerados para este estudo foram apenas os apresentados na Tabela 10.3.

Tabela 10.3 - Precipitações máximas utilizadas no estudo.

Registros de Máximos Anuais de 24 horas					
Ano hidrológico	**P (mm)**	**Ano hidrológico**	**P (mm)**	**Ano hidrológico**	**P (mm)**
1975 / 1976	91,0	**1991 / 1992**	68,4	**2005 / 2006**	88,5
1976 / 1977	83,0	**1992 / 1993**	72,4	**2006 / 2007**	65,7
1977 / 1978	69,0	**1993 / 1994**	70,0	**2007 / 2008**	106,8
1978 / 1979	96,4	**1994 / 1995**	71,0	**2008 / 2009**	81,4
1979 / 1980	58,4	**1995 / 1996**	53,8	**2009 / 2010**	85,3
1980 / 1981	76,2	**1996 / 1997**	80,2	**2010 / 2011**	90,0
1981 / 1982	81,6	**1997 / 1998**	57,6	**2011 / 2012**	106,8
1982 / 1983	56,8	**1998 / 1999**	63,4	**2012 / 2013**	83,5
1983 / 1984	67,0	**1999 / 2000**	65,7	**2013 /2014**	71,6
1984 / 1985	68,2	**2000 / 2001**	76,4	**2015 / 2016**	98,0
1985 / 1986	55,4	**2001 / 2002**	85,2	**2016 / 2017**	109,2

Registros de Máximos Anuais de 24 horas					
Ano hidrológico	**P (mm)**	**Ano hidrológico**	**P (mm)**	**Ano hidrológico**	**P (mm)**
1986 / 1987	99,9	**2002 / 2003**	72,8	**2017 / 2018**	98,8
1989 / 1990	77,0	**2003 / 2004**	79,4	**2018 / 2019**	62,6
1990 / 1991	72,8	**2004 / 2005**	65,8		

Em sequência, os pontos de chuva máxima foram agrupados, ordenados e plotados, empregando-se a posição de plotagem de Weibull, determinando-se as probabilidades amostrais. Buscou-se então o melhor ajuste de um modelo de distribuição probabilística à sequência ordenada de eventos, de forma a obterem-se as alturas de chuva para tempos de retorno específicos.

Aos pontos amostrais (distribuição de probabilidades empírica), foram ajustadas as seguintes distribuições de probabilidades teóricas: Log-Normal de 2 Parâmetros, Gumbel, Exponencial, Pearson Tipo III, Log-Pearson Tipo III e Generalizada de Valores Extremos (GEV), segundo o método dos momentos-L, conforme apresentado na Figura 10-2.

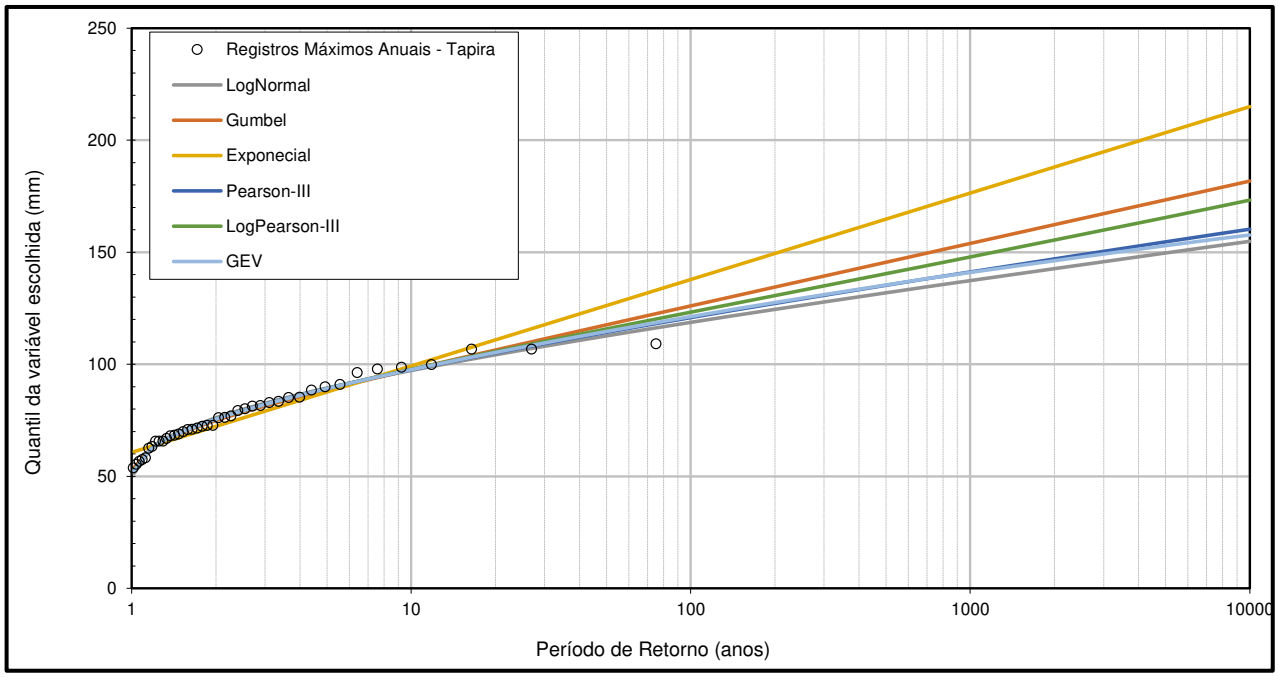


Figura 10-2 - Análise de frequência de máximos anuais de altura de chuva diária.

A análise da Figura 10-2 permite verificar que as curvas das distribuições teóricas utilizadas apresentam um bom ajuste em relação aos dados observados, sobretudo quando observadas as caudas inferiores. Caso o objetivo do estudo fosse determinar valores de referência inferiores a 20 anos, as diversas distribuições levariam a resultados muito semelhantes. Entretanto, para valores superiores a 20 anos, as curvas das distribuições apresentam divergências crescentes.

As distribuições Log-Pearson Tipo III e GEV apresentam bons ajustes aos dados plotados, em toda a extensão de dados existente. No entanto, a cauda superior da distribuição Exponencial é de grande peso e não apresenta limite superior, retornando quantis de precipitação de baixas probabilidades de ocorrência com uma tendência muito mais elevada do que o esperado na realidade.

Observa-se que os quantis de precipitação, obtidos através da análise de frequências realizada, referem-se a precipitações diárias. Para a transformação em chuvas de 24 horas e desagregação em alturas de chuvas de menor duração, foi utilizada a seguinte metodologia:

Multiplicação das alturas pluviométricas máximas obtidas na análise de frequência de 1 dia de duração (através da função de distribuição exponencial) pelo fator 1,095, recomendado por Taborga (1974), para transformação de valores diários em valores contínuos de 24 horas (apenas para chuvas diárias).

Determinação das relações entre a chuva de duração de 24 horas e durações inferiores a este valor (aturas pluviométricas), para cada tempo de retorno, utilizando os quantis referentes à equação IDF obtida pelo *software* Plúvio 2.1, para a localidade “Tapira” (MG), com os coeficientes:

k	239,74
a	0,156
b	25,86
c	0,904

Aplicados à Equação 10-1 (FREITAS et al, 2001):

$$i_m = \frac{k.T^a}{(t+b)^c}$$ Equação 10-1

Em que:

- i_m denota intensidade média de precipitação (mm/h);
- T denota período de retorno (anos);
- t denota duração da precipitação em minutos; e
- $k,\ a,\ b,\ c$ denota parâmetros de ajuste em função da localidade.

Os quantis de altura de chuva obtidos a partir desta distribuição, para diversos tempos de retorno e durações de eventos chuvosos, estão apresentados na Tabela 10.4.

Tabela 10.4 – Relação altura-duração-frequência.

ALTURA PLUVIOMETRICA - P (mm)												
DURAÇÃO		PERIODO DE RETORNO - T (ANOS)										
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000	5000	10000
minutos	5	9,4	11,1	12,2	13,4	14,3	15,1	15,9	16,9	17,6	19,1	19,7
	10	16,4	19,4	21,3	23,4	25,0	26,4	27,8	29,5	30,7	33,3	34,3
	15	21,9	25,9	28,3	31,2	33,3	35,2	37,0	39,3	40,9	44,4	45,8
	20	26,3	31,1	34,0	37,5	40,0	42,3	44,5	47,2	49,2	53,3	55,0
	25	33,1	39,0	42,7	47,1	50,2	53,1	55,8	59,2	61,7	66,9	69,0
	30	40,0	47,2	51,7	57,0	60,7	64,2	67,5	71,7	74,6	81,0	83,5
horas	1	51,3	60,5	66,3	73,1	77,8	82,3	86,6	91,9	95,7	103,8	107,0
	2	61,0	72,0	78,8	86,9	92,6	97,9	103,0	109,3	113,8	123,5	127,3
	3	64,5	76,2	83,4	92,0	98,0	103,6	109,0	115,7	120,5	130,7	134,7
	4	69,1	81,6	89,3	98,5	104,9	111,0	116,7	123,9	129,0	140,0	144,3
	6	72,2	85,2	93,2	102,8	109,5	115,9	121,9	129,3	134,7	146,1	150,6
	8	74,4	87,8	96,1	106,0	112,9	119,5	125,7	133,4	138,9	150,6	155,3
	10	76,2	89,9	98,5	108,6	115,7	122,3	128,7	136,6	142,2	154,3	159,0
	12	77,7	91,7	100,4	110,7	117,9	124,7	131,2	139,2	145,0	157,3	162,1
	14	80,1	94,5	103,4	114,1	121,5	128,5	135,2	143,5	149,4	162,1	167,1
	24	82,7	97,7	106,9	117,9	125,6	132,8	139,7	148,3	154,4	167,5	172,7
	48	105,5	127,3	139,4	153,1	162,2	170,7	178,6	188,5	195,6	211,1	217,5
	72	127,0	160,0	181,1	207,0	226,1	244,9	263,6	288,5	307,6	352,9	372,9
dias	5	151,6	186,6	209,8	239,1	260,9	282,4	303,9	332,3	353,7	403,5	424,9
	7	174,5	216,6	248,5	290,6	322,5	354,4	386,2	428,4	460,2	534,2	566,1
	10	350,8	421,8	464,2	513,5	547,8	580,2	611,3	650,9	679,9	744,8	771,9
	30	415,2	504,6	563,9	638,7	694,2	749,3	804,2	876,6	931,3	1.058,4	1.113,1

De posse dos valores apresentados na Tabela 10.4, foram elaboradas a Tabela 10.5 e a Figura 10-3 com a relação intensidade, duração e frequência (IDF) para as chuvas com diversos períodos de retorno.

Tabela 10.5 - Relação intensidade-duração-frequência.

INTENSIDADE DA CHUVA - I (mm/h)												
DURAÇÃO		PERIODO DE RETORNO - T (ANOS)										
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000	5000	10000
minutos	5	113,0	133,4	146,1	161,1	171,6	181,5	190,9	202,6	211,0	228,9	236,0
	10	98,7	116,5	127,5	140,6	149,8	158,5	166,7	176,9	184,2	199,8	206,0
	15	87,7	103,5	113,3	125,0	133,1	140,8	148,1	157,2	163,7	177,6	183,1
	20	79,0	93,3	102,1	112,6	119,9	126,9	133,4	141,6	147,5	160,0	164,9
	25	79,3	93,6	102,5	113,0	120,4	127,4	134,0	142,2	148,1	160,6	165,6
	30	80,0	94,4	103,3	114,0	121,4	128,4	135,1	143,4	149,3	161,9	166,9
horas	1	51,3	60,5	66,3	73,1	77,8	82,3	86,6	91,9	95,7	103,8	107,0
	2	30,5	36,0	39,4	43,5	46,3	49,0	51,5	54,7	56,9	61,7	63,7
	3	21,5	25,4	27,8	30,7	32,7	34,5	36,3	38,6	40,2	43,6	44,9

INTENSIDADE DA CHUVA - I (mm/h)												
DURAÇÃO		PERIODO DE RETORNO - T (ANOS)										
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000	5000	10000
	4	17,3	20,4	22,3	24,6	26,2	27,7	29,2	31,0	32,3	35,0	36,1
	6	12,0	14,2	15,5	17,1	18,3	19,3	20,3	21,6	22,4	24,3	25,1
	8	9,3	11,0	12,0	13,3	14,1	14,9	15,7	16,7	17,4	18,8	19,4
	10	7,6	9,0	9,8	10,9	11,6	12,2	12,9	13,7	14,2	15,4	15,9
	12	6,5	7,6	8,4	9,2	9,8	10,4	10,9	11,6	12,1	13,1	13,5
	14	5,7	6,7	7,4	8,1	8,7	9,2	9,7	10,2	10,7	11,6	11,9
	24	3,4	4,1	4,5	4,9	5,2	5,5	5,8	6,2	6,4	7,0	7,2
	48	2,2	2,7	2,9	3,2	3,4	3,6	3,7	3,9	4,1	4,4	4,5
	72	1,8	2,2	2,5	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,9	5,2
dias	5	1,3	1,6	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	2,9	3,4	3,5
	7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,2	3,4
	10	1,5	1,8	1,9	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	3,1	3,2
	30	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,5

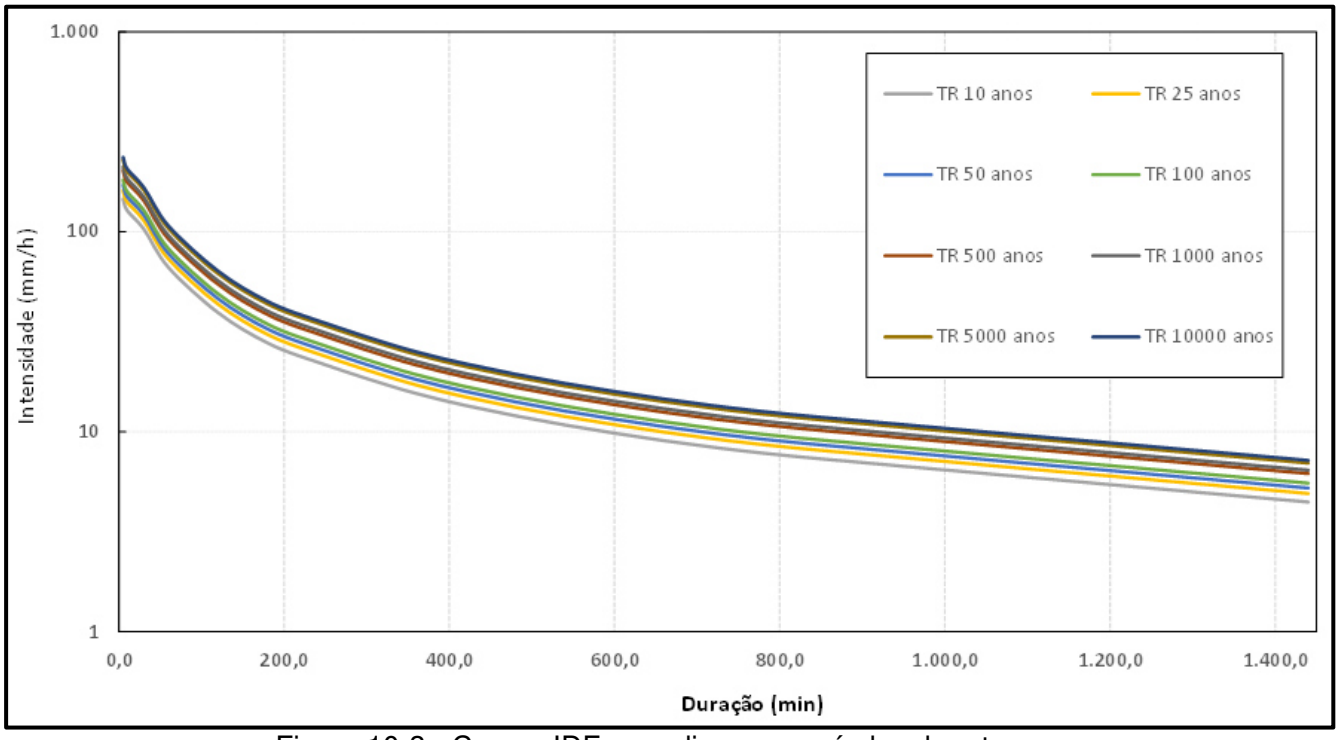


Figura 10-3 - Curvas IDF para diversos períodos de retorno.

10.2 RISCO HIDROLÓGICO

Define-se risco hidrológico, associado a um quantil de precipitação, como sendo a probabilidade desse quantil ser igualado ou superado, pelo menos uma vez, em um período (n) de anos. Notoriamente, esse período pode representar, por exemplo, a vida útil de uma dada obra hidráulica.

A Equação 10-2, a seguir, apresenta a relação existente entre risco hidrológico, vida útil e tempo de retorno, sendo que a última variável está intimamente ligada ao conceito de probabilidade.

$$RH = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR}\right)^{VU} \qquad \text{Equação 10-2}$$

Em que:

- RH denota o risco hidrológico.
- TR denota o tempo de retorno, em anos.
- VU denota a vida útil da estrutura, em anos.

Ilustrativamente, a Tabela 10.6 apresenta valores de risco hidrológico como função do tempo de retorno e da vida útil. Essa tabela pode funcionar como um primeiro indicador para a gestão dos riscos frente à ocorrência de cheias e, por conseguinte, as tomadas de decisão em face das possibilidades de falha de estruturas hidráulicas.

Tabela 10.6 - Risco Hidrológico (%).

Vida útil (anos)	Tempo de retorno (anos)						
	5	10	25	50	100	1.000	10.000
1	20,000	10,000	4,000	2,000	1,000	0,100	0,010
2	36,000	19,000	7,840	3,960	1,990	0,200	0,020
5	67,232	40,951	18,463	9,608	4,901	0,499	0,050
10	89,263	65,132	33,517	18,293	9,562	0,996	0,100
20	98,847	87,842	55,800	33,239	18,209	1,981	0,200
30	99,876	95,761	70,614	45,452	26,030	2,957	0,300
50	99,999	99,485	87,011	63,583	39,499	4,879	0,499

Dessa forma, haja vista a premissa de utilização de 10.000 anos de tempo de recorrência para o dimensionamento do sistema extravasor e de 500 anos e 100 anos para as estruturas de drenagem superficial, pode-se obter com os dados acima o risco hidrológico associado à estrutura em função da vida útil da estrutura.

10.3 VAZÃO DE PROJETO DO SISTEMA EXTRAVASOR

10.3.1 Geração dos Hietogramas de Precipitação Total

Para a geração dos hietogramas da chuva total, os quantis pontuais Tabela 10.4, distribuídos no tempo segundo a metodologia apresentada na publicação "*Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms*" (HUFF, 1967).

10.3.2 Geração dos Hietogramas de Precipitação Efetiva

Os hietogramas totais foram transformados em efetivos por meio da metodologia proposta pelo *Soil Conservation Service* (SCS, 1974). Nesse sentido, as condições de uso e ocupação do solo nos terrenos a montante do reservatório foram mapeadas para a determinação dos parâmetros do modelo SCS.

Esta metodologia encontra-se incorporada ao *software* HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*), em sua versão 4.2.1, elaborado pelo *Hydrologic Engineering Center* do *U.S. Army Corps of Engineers*. Portanto, esse aplicativo foi utilizado para a geração dos hietogramas efetivos.

10.3.3 Transformação Chuva-Vazão

O cálculo dos hidrogramas de escoamento superficial foi realizado por meio da convolução dos hiteogramas efetivos, utilizando-se a metodologia do Hidrograma Unitário Triangular Sintético (HUTS), proposto pelo NRSC, construído a partir das características geomorfológicas das bacias de contribuição, como, por exemplo, a área de drenagem.

Salienta-se que a metodologia de construção do HUTS do NRSC encontra-se incorporada ao HEC-HMS, de forma que este aplicativo foi também utilizado para a transformação chuva-vazão.

10.3.4 Curva de Descarga

O emboque do sistema extravasor da Barragem BR é composto por canal trapezoidal de 4,00 m de base, altura variável ao longo da estrutura e com declividade das paredes de 1,5H:1,0V, sendo que o canal possui revestimento de concreto projetado em até 3,00 m de altura, após o canal e revestido de grama.

A determinação da curva de descarga do extravasor da Barragem Marés I foi efetuada por meio do software HEC-RAS, versão 5.0.7 (US *Army Corps of Engineers*). A geometria do canal foi inserida no *software* de modo a obter as sobrelevações no reservatório para diversas vazões. As premissas adotadas para modelagem da calha do sistema extravasor serão detalhadas no Item 10.4.

A curva de descarga está apresentada na Figura 10-4 e na Tabela 10.7 a seguir:

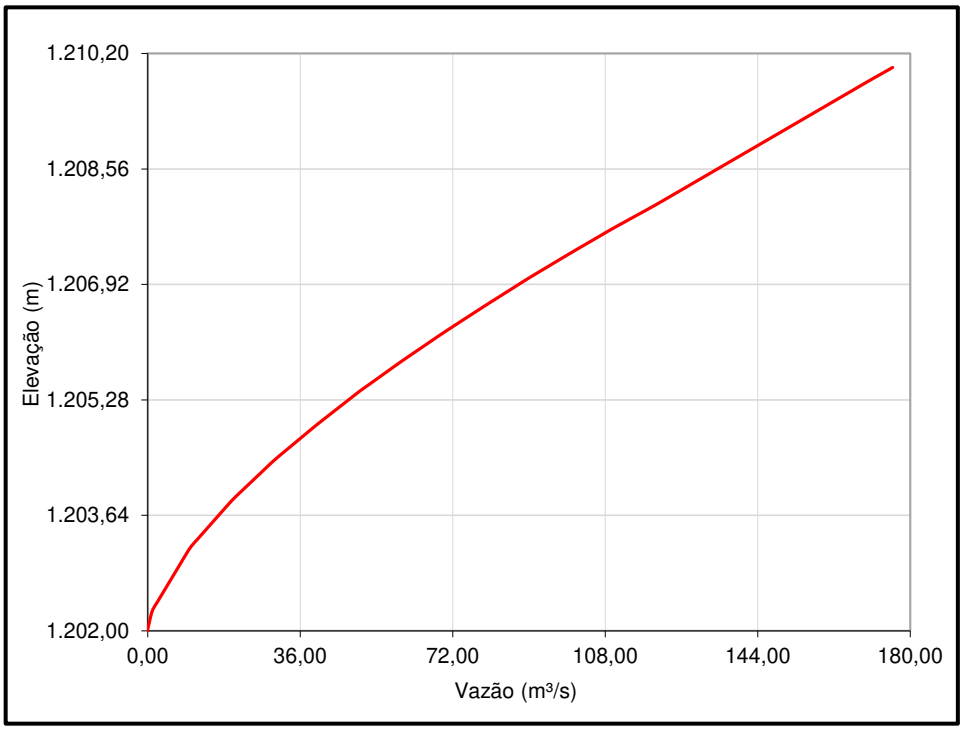


Figura 10-4 - Curva de descarga do vertedouro da Barragem BR.

Tabela 10.7 – Curva de descarga do vertedouro em canal da Barragem BR.

Elevação (m)	Vazão (m³/s)	Elevação (m)	Vazão (m³/s)
1.202,00	0,00	**1.206,00**	64,15
1.202,50	3,20	**1.206,50**	76,67
1.203,00	8,20	**1.207,00**	89,74
1.203,50	14,71	**1.208,00**	118,48
1.204,00	22,46	**1.208,50**	132,86
1.204,50	31,40	**1.209,00**	147,14
1.205,00	41,49	**1.209,50**	161,43
1.205,50	52,33	**1.210,00**	175,88

10.3.5 Curva Elevação x Volume do Reservatório

Para a simulação do trânsito de cheias na Barragem BR foi considerado que o reservatório estivesse com o NA na elevação da soleira (1.202,00 m), na iminência do vertimento. A curva Elevação-Volume foi determinada a partir da topografia fornecida e do último cenário de disposição de rejeito projetado para a barragem, apresentado no desenho DF19-258-1-EG-DWG-0012, proveniente dos estudos de disposição de rejeitos na Barragem BR, apresentados nos itens subsequentes.

A curva Elevação-Volume da Barragem BR, utilizada no estudo, é apresentada na Figura 10-5 e na Tabela 10.8.

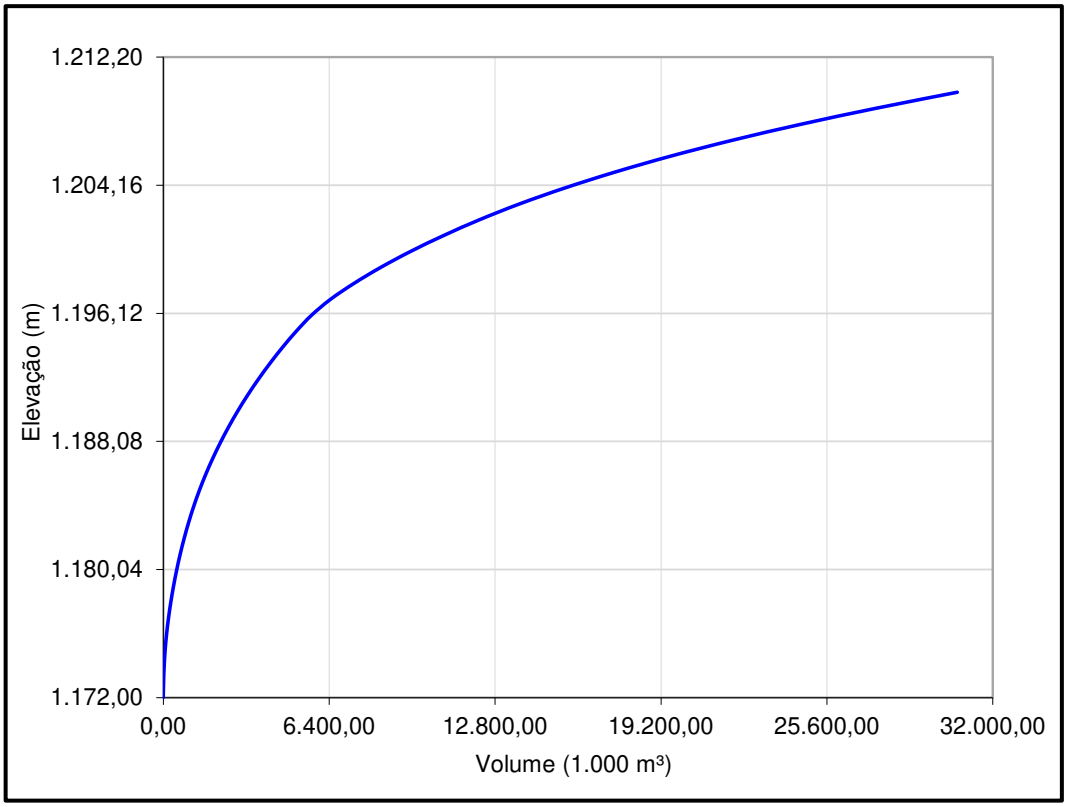


Figura 10-5 - Curva Elevação-Volume do reservatório da Barragem BR.

Tabela 10.8 - Relação Elevação-Volume do reservatório da Barragem BR após disposição de rejeitos.

Elevação (m)	Volume (m)	Elevação (m)	Vazão (m³)
1.172,00	0,00	1.192,00	3.677.131,43
1.173,00	13.197,09	1.193,00	4.125.370,85
1.174,00	36.445,22	1.194,00	4.607.778,88
1.175,00	74.111,06	1.195,00	5.133.020,91
1.176,00	129.911,39	1.196,00	5.719.656,35
1.177,00	203.500,18	1.197,00	6.451.037,44
1.178,00	292.873,85	1.198,00	7.356.543,62
1.179,00	397.320,06	1.199,00	8.382.691,09
1.180,00	517.227,40	1.200,00	9.532.234,37
1.181,00	653.752,67	1.201,00	10.807.358,63
1.182,00	808.040,35	1.202,00	12.205.112,28
1.183,00	981.001,75	1.203,00	13.760.392,09
1.184,00	1.174.651,22	1.204,00	15.508.438,75
1.185,00	1.392.369,26	1.205,00	17.449.808,28
1.186,00	1.636.005,59	1.206,00	19.599.647,63
1.187,00	1.905.835,77	1.207,00	21.987.983,62

Elevação (m)	Volume (m)	Elevação (m)	Vazão (m³)
1.188,00	2.202.254,11	1.208,00	24.629.258,08
1.189,00	2.526.011,19	1.209,00	27.513.011,92
1.190,00	2.878.575,02	1.210,00	30.628.002,78
1.191,00	3.261.759,31		

Destaca-se que o NA inicial da simulação é na elevação 1.202,00 m, sendo, portanto, os últimos 8,00 m da curva possíveis de se mobilizar no trânsito de cheias.

10.3.6 Trânsito de Cheias pelo Reservatório

A simulação do trânsito de cheia pelo reservatório da Barragem BR foi realizada por meio do método de Puls Modificado, que simula o escoamento em reservatório por meio da discretização em diferenças finitas da equação do balanço hídrico, além de utilizar a relação entre armazenamento e vazão efluente, empregando as características das curvas de descarga do vertedouro e da curva cota-volume do reservatório.

O método de Puls Modificado encontra-se incorporado ao modelo HEC-HMS.

10.3.7 Determinação da chuva, cheia e vazão de projeto

Para determinar a chuva de projeto foram considerados os eventos de precipitação associados a 1.000 e 10.000 anos de tempos de retorno. A chuva de projeto adotada é aquela cuja duração gera o maior volume de armazenamento no reservatório ou a maior sobre-elevação do nível de água no interior do reservatório, quando da passagem da cheia derivada dessa chuva. A duração desse evento de precipitação é denominada “duração crítica”.

Entende-se por cheia de projeto aquela efluente ao reservatório, gerada pelo trânsito da cheia afluente derivada da chuva de projeto. A vazão de projeto do vertedouro será, portanto, a vazão de pico de sua cheia de projeto.

10.3.8 Caracterização Geomorfológica e Parâmetros de Modelagem

Para delimitação da bacia de contribuição da Barragem BR, utilizou-se base topográfica gratuita, obtida pelo projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 30 metros, disponibilizados pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA. As curvas de nível foram utilizadas para geração do modelo digital de elevação – MDE.

Para tanto, foi realizada a seguinte rotina de etapas no *software* ArcGIS 10.0, que envolve ferramentas do “*Spatial Analist tools*”:

- *Fill:* preenche a superfície do raster removendo pequenas imperfeições;
- *Flow Direction:* gera um mapa de direção de fluxo do raster, pixel a pixel;
- *Flow Acumulation:* calcula o fluxo acumulado;

- *Watershed:* delimita a bacia hidrográfica com base em um ponto de referência; e
- *Raster to Features:* transforma o raster gerado em polígono.

O uso do *software* para este fim elimina, a princípio, a subjetividade inerente ao traçado manual da bacia a partir das curvas de nível da base topográfica. O resultado extraído do *software* passa, posteriormente, por ajuste fino, realizado manualmente com o auxílio da ferramenta *Waterdrop*, no *software* AutoCAD.

A área de contribuição da Barragem BR apresenta, segundo mapeamento dos solos de MG realizado por UFV / CETEC / UFLA / FEAM (2010), o solo do tipo CXbd20 que corresponde a "argilosa + latosolo vermelho-amarelo distrófico típico A moderado com textura argilosa". Sartori (2005) sugere para este tipo de solo a classificação no grupo hidrológico C adotada pelo método do SCS (1986).

A área de contribuição foi caracterizada quanto a cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, sendo o mapeamento resultando apresentado na Figura 10-6.

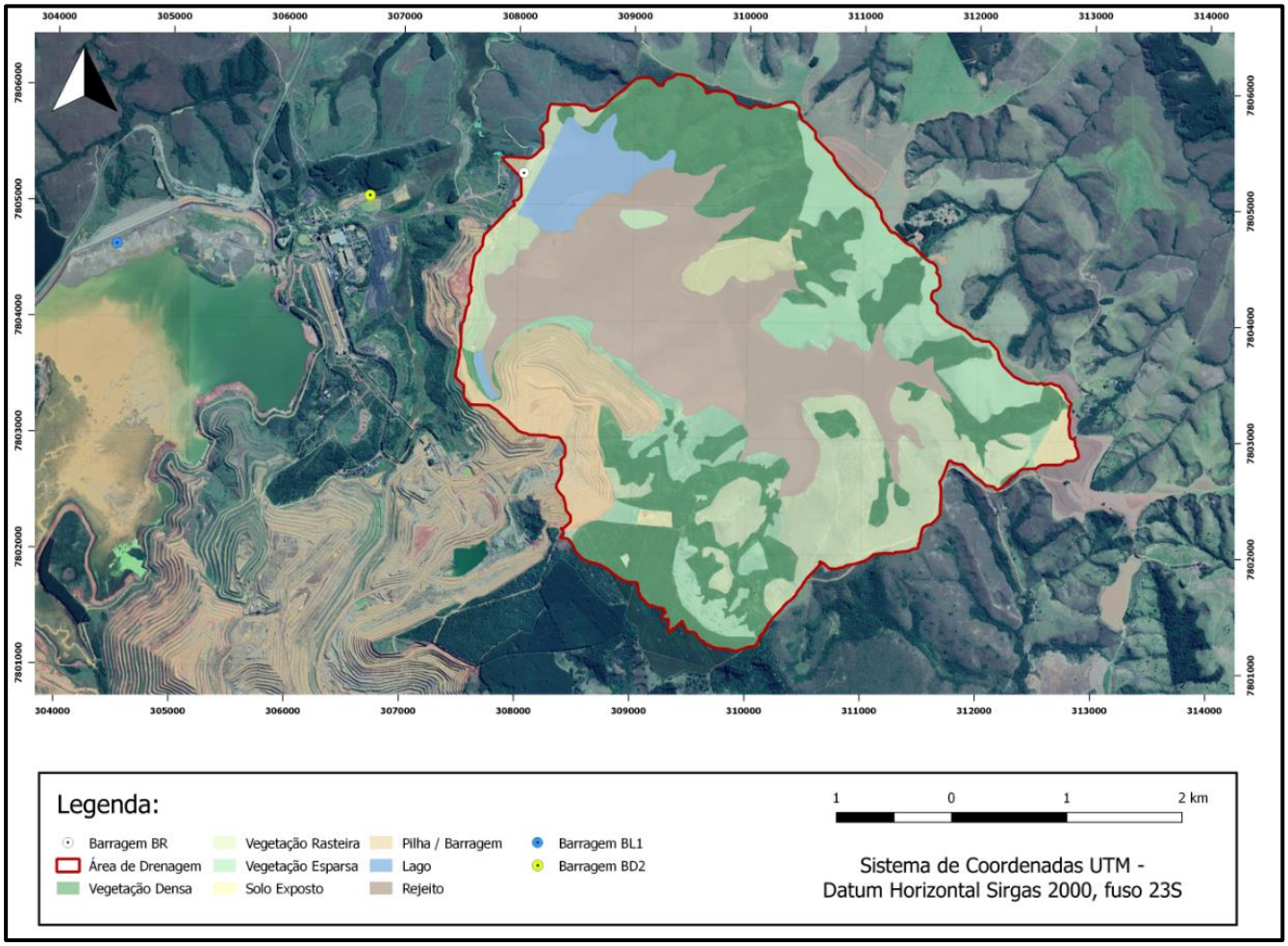


Figura 10-6 – Caracterização da bacia de contribuição da Barragem BR.

Para aplicação do método de transformação chuva-vazão do SCS (1986) é necessário a estimativa do parâmetro CN (*Curve Number*) representativo do potencial de geração de escoamento superficial de uma determinada bacia hidrográfica.

Assim, a partir da definição do grupo hidrológico do solo (Tipo C) e das classes de uso e ocupação do solo identificadas na área em estudo, foram calculados valores médios de CN, a partir dos valores de referência indicados por Chow et al. (1988) e resumidos na Tabela 10.9.

Tabela 10.9 – Valores do parâmetro CN para diferentes tipos, usos e ocupação de solo. Condição II de umidade antecedente. Fonte: CHOW et al. (1988).

Tipo de Solo	Tipologia de Uso e Ocupação	CN - II	Observações
A	Afloramento rochoso	80	
B		86	
C		89	
D		90	
A[1]	Área industrial	72	Tipologia conjugada com "Streets and roads: dirt"
B[1]		82	
C[1]		87	
D[1]		89	
A	Cava	75	
B		84	
C		88	
D		90	
A, B, C e D	Lago	100	
A[2]	Núcleo urbano	54	Tipologia conjugada com "Residential: 25% impervious"
B[2]		70	
C[2]		80	
D[2]		85	
A[3]	Pilhas / barragens / aterros	39	Tipologia conjugada com "Pasture or range land: good condition"
B[3]		61	
C[3]		74	
D[3]		80	
A[4]	Praia de rejeitos / sedimentos	45	
B[4]		65	
C[4]		75	
D[4]		81	
A	Solo exposto	68	Tipologia conjugada com "Range land: poor condition"
B		79	
C		86	
D		89	
A	Vegetação densa	25	Tipologia conjugada com "Wood or forest land: good cover"
B		55	
C		70	
D		77	
A	Vegetação esparsa	30	Tipologia conjugada com "Meadow: good condition
B		58	
C		71	
D		78	
A	Vegetação rasteira	39	Tipologia conjugada com "Open spaces, lawns, parks: good conditions"
B		61	
C		74	
D		80	

Notas:
(1) A diferenciação de "tipo de solo" para área industrial deve ser interpretada também como nível de adensamento e impermeabilização.
(2) A diferenciação de "tipo de solo" para núcleo urbano deve ser interpretada também como nível de adensamento e impermeabilização.
(3) A diferenciação de "tipo de solo" para pilhas, barragens e aterros deve ser interpretada como diferentes tipos de materiais, estágios de construção e cobertura das estruturas.
(4) A diferenciação de "tipo de solo" para praia de rejeitos e sedimentos deve ser interpretada como diferentes tipos de materiais e estágios de operação das estruturas.

Na Tabela 10.10 são apresentados os valores médios ponderados dos parâmetros CN obtidos para a área de contribuição em estudo.

Tabela 10.10 – Ponderação do parâmetro CN na área de contribuição em estudo, conforme classes de uso e ocupação do solo (Tipo C, condição II de umidade antecedente).

Uso e Ocupação	CN	Área (km²)
Lago	100	0,67
Pilhas/barragens/aterros	74	1,33
Praia de Rejeitos	75	4,07
Solo Exposto	86	0,49
Vegetação Densa	70	4,25
Vegetação Esparsa	71	2,32
Vegetação Rasteira	74	2,55
Total		**15,68**
CN Médio Ponderado		**74,2**

A partir do CN característico, pode-se obter a abstração inicial da bacia, além da relação entre a precipitação total e a precipitação efetiva ao longo do evento.

Além da caracterização do uso e ocupação, é feita uma caracterização do talvegue principal da bacia, buscando-se avaliar o tempo de retardo que a água leva percorrendo o caminho até o emboque do sistema extravasor.

A seguir, a Tabela 10.11 apresenta os parâmetros utilizados e algumas características geomorfológicas da bacia de contribuição da Barragem BR, com interesse para as simulações hidrológicas.

Tabela 10.11 - Caracterização geomorfológica e parâmetros de modelagem.

Estrutura	A_D (km²)	$CN_{ponderado}$	I_a (mm)	t_c (min)	Lag Time (min)
BR	15,68	74,20	17,66	86,1	51,66

Na Tabela 10.11, tem-se que:

- A_D denota área de drenagem.
- CN denota o Número da Curva Índice do método do SCS para a geração dos hietogramas efetivos a partir dos totais.

- I_a denota a abstração inicial ocorrida no terreno da bacia. Esse parâmetro, calculado a partir do CN, é também utilizado na geração dos hietogramas da chuva efetiva.
- t_c denota o tempo de concentração.
- *Lagtime* também conhecido como tempo de retardo, ou intervalo de tempo existente do centro de massa dos hietogramas até a vazão de pico dos hidrogramas, que denota um parâmetro do método utilizado para a transformação chuva-vazão, equivalente a 3/5 do tempo de concentração.

Ressalta-se que o tempo de concentração foi determinado pela fórmula de Kirpich (Equação 10-3), que apresenta essa variável em função do comprimento e declividade do curso de água principal da bacia de contribuição.

$$t_c = 3{,}989.\left(\frac{L^2}{S}\right)^{0{,}385}$$ Equação 10-3

Em que:

- (t_c) denota o tempo de concentração, em minutos;
- (L) denota o comprimento do talvegue principal, em km; e
- (S) denota a declividade do talvegue principal, em %.

O tempo de concentração pode ser caracterizado como sendo o tempo total gasto para que o escoamento superficial, gerado a partir de um evento de precipitação, percorra toda a extensão longitudinal da bacia de contribuição. Sendo assim, considerou-se para o cálculo do t_c, no presente projeto, os comprimentos e as declividades associadas ao ponto mais distante do exutório de cada estrutura definida.

De posse dos blocos de chuvas de projeto e dos parâmetros da sub-bacia apresentados na Tabela 10.11, foi elaborado o modelo hidrológico da bacia em estudo no ambiente do programa computacional HEC-HMS, conforme ilustrado na Figura 10-7, e inseridos os dados de entrada requeridos para simulações.

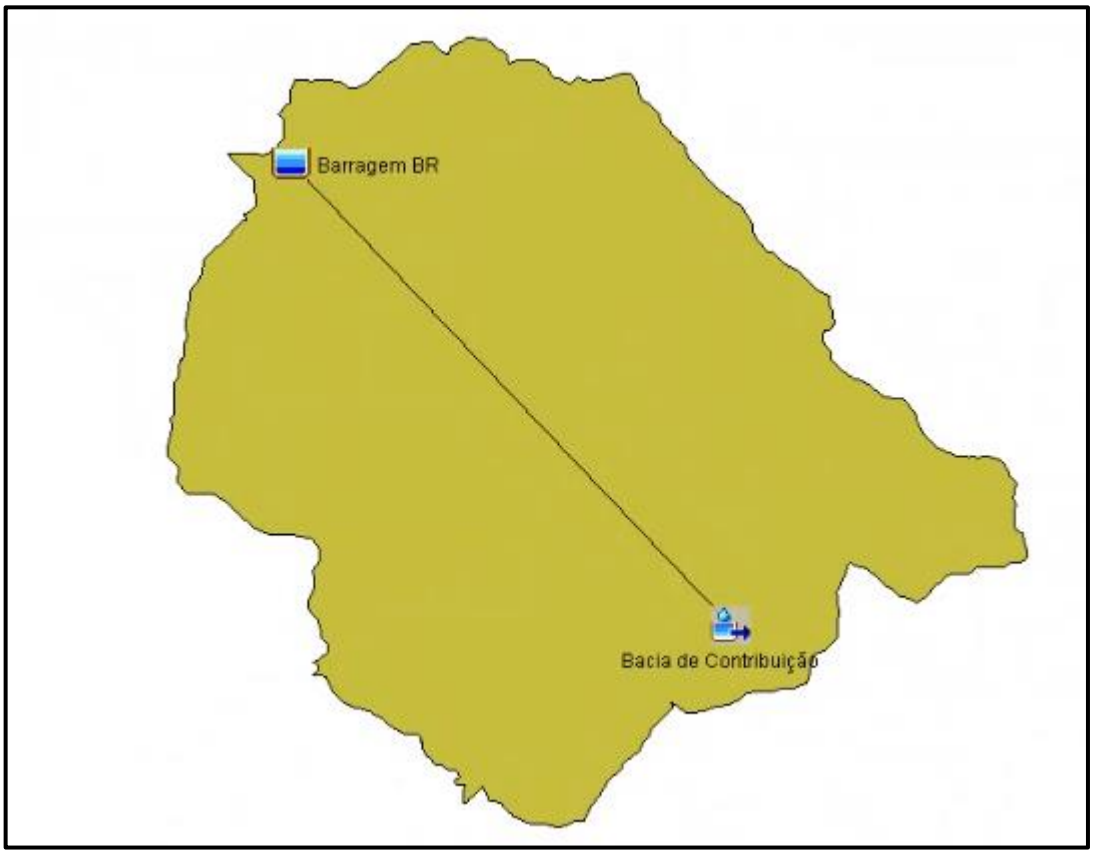


Figura 10-7 – Diagrama unifilar da área em estudo desenvolvido no modelo computacional HEC-HMS.

10.3.9 Apresentação dos resultados

O potencial de amortecimento do reservatório da Barragem BR está apresentado nos resultados na Tabela 10.12 e Tabela 10.13, para os TR's de 1.000 e 10.000 anos, respectivamente, com destaque para a duração crítica.

Tabela 10.12 - Resultado das Simulações para TR 1.000 anos.

Duração	Vazão Afluente (m³/s)	Vazão Defluente (m³/s)	Elevação (m)
30 min	83,02	0,80	1.202,22
1h	129,56	1,79	1.202,36
2h	152,26	3,08	1.202,49
3h	142,79	3,56	1.202,54
4h	137,39	4,19	1.202,60
6h	112,35	4,56	1.202,64
8h	95,43	4,80	1.202,66
10h	82,90	4,96	1.202,68
12h	73,11	5,08	1.202,69
14h	66,74	5,30	1.202,71
24 h	42,14	5,22	1.202,70

Duração	Vazão Afluente (m³/s)	Vazão Defluente (m³/s)	Elevação (m)
2 dias	29,81	7,00	1.202,88
3 dias	35,74	12,92	1.203,38
5 dias	25,45	12,85	1.203,37
7 dias	**24,71**	**15,71**	**1.203,57**
10 dias	19,72	14,76	1.203,50
15 dias	15,59	13,27	1.203,40
20 dias	14,62	13,29	1.203,40
25 dias	12,43	11,59	1.203,29
30 dias	12,39	11,84	1.203,31

Tabela 10.13 - Resultado das Simulações para TR 10.000 anos.

Duração	Vazão Afluente (m³/s)	Vazão Defluente (m³/s)	Elevação (m)
30 min	104,38	1,08	1.202,28
1h	159,95	2,58	1.202,44
2h	184,10	4,09	1.202,59
3h	171,77	4,64	1.202,64
4h	164,39	5,37	1.202,72
6h	133,84	5,79	1.202,76
8h	113,45	6,06	1.202,79
10h	98,21	6,23	1.202,80
12h	86,48	6,35	1.202,81
14h	78,73	6,59	1.202,84
24 h	49,55	6,47	1.202,83
2 dias	34,41	8,34	1.203,01
3 dias	45,05	17,48	1.203,69
5 dias	31,49	16,86	1.203,65
7 dias	**31,16**	**20,73**	**1.203,90**
10 dias	23,73	18,24	1.203,74
15 dias	18,30	15,83	1.203,58
20 dias	17,32	15,92	1.203,58
25 dias	14,54	13,72	1.203,43
30 dias	14,93	14,37	1.203,48

O hidrograma de vazão de projeto afluente e defluente e o nível de água, para o evento correspondente à duração crítica para tempo de recorrência de 1.000 e 10.000 anos, está apresentado na Figura 10-8 e Figura 10-9, respectivamente.

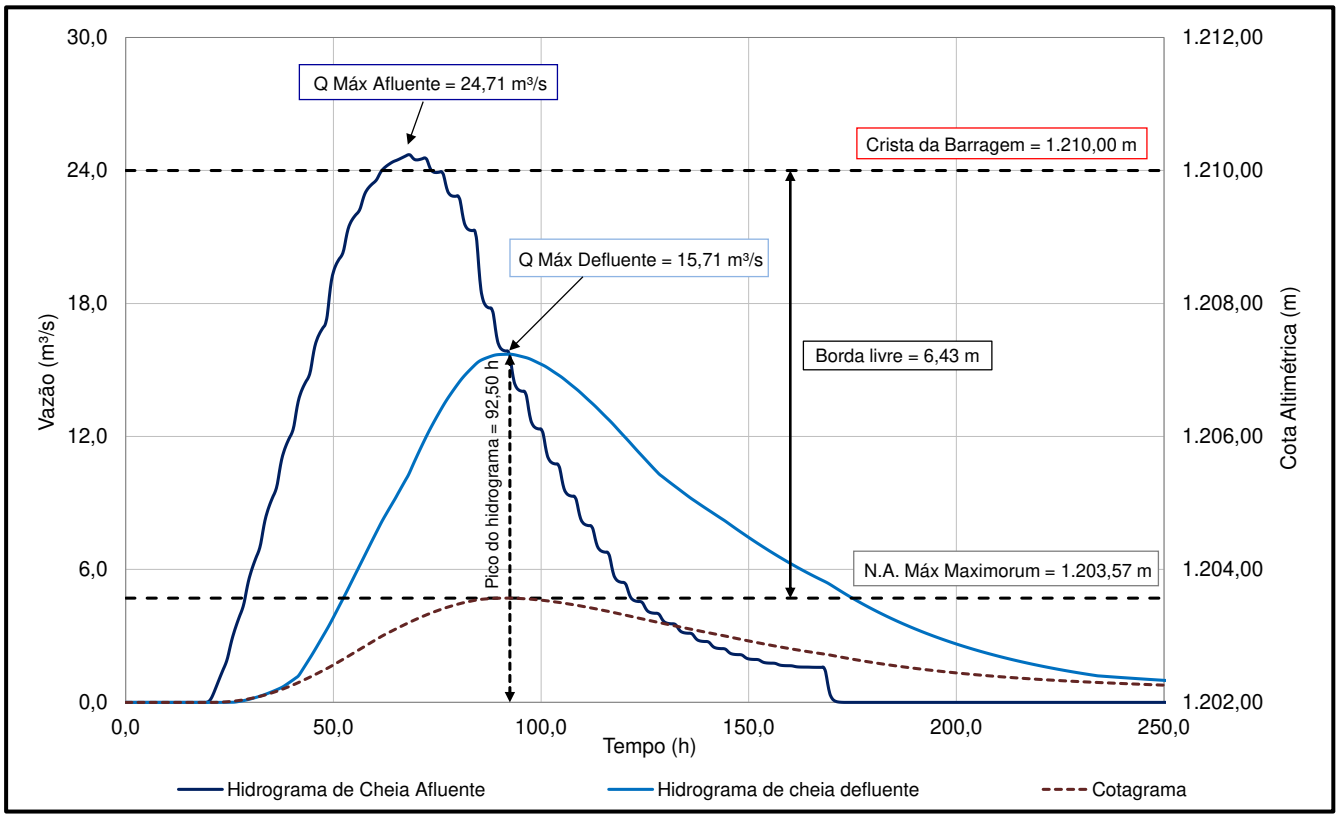


Figura 10-8 – Trânsito de cheia para TR 1.000 anos – Barragem BR.

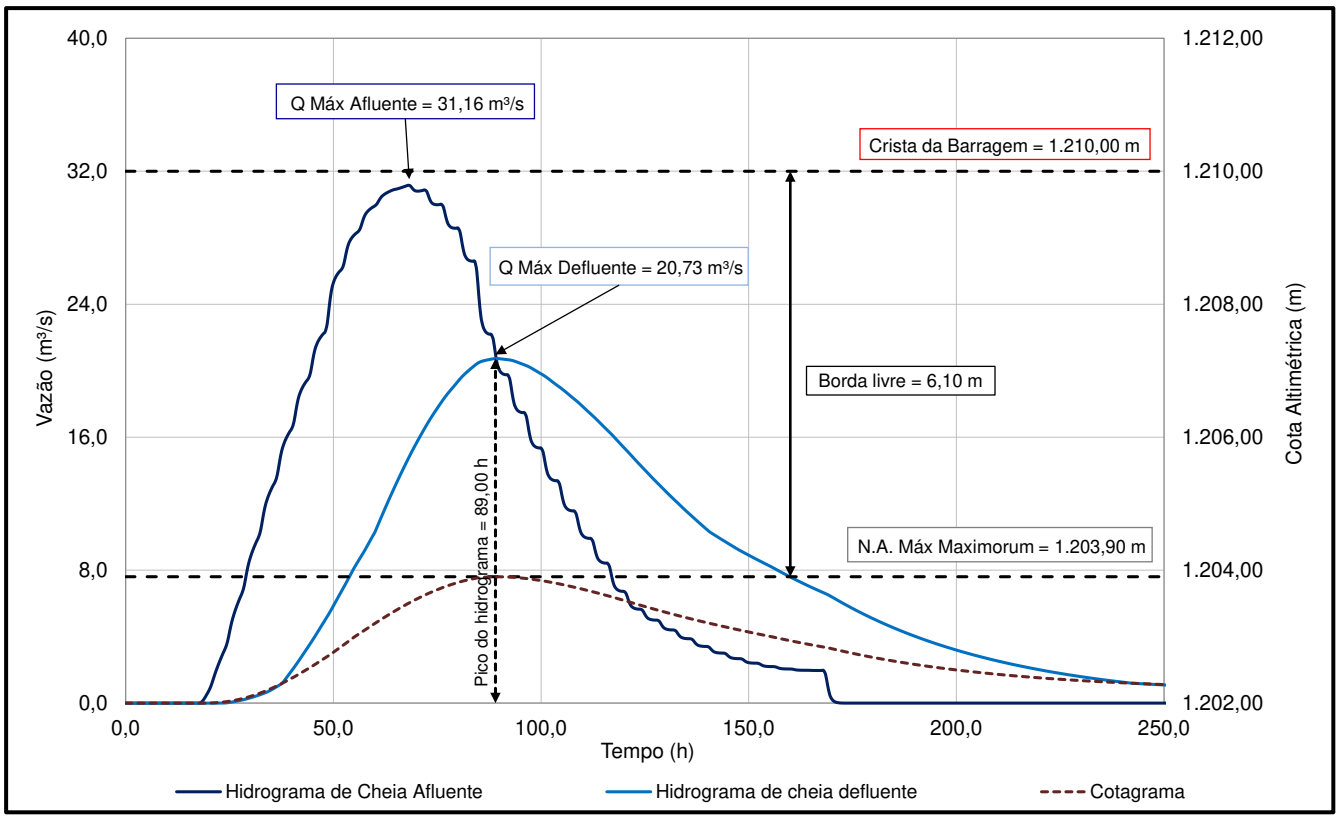


Figura 10-9 – Trânsito de cheia para TR 10.000 anos – Barragem BR.

Na Tabela 10.14 é apresentado uma síntese dos resultados encontrados nos cálculos do trânsito de cheia no reservatório da Barragem BR considerando a elevação de 1.210,00 m, para as durações críticas.

Tabela 10.14 – Resultados do trânsito de cheia – Barragem BR.

Variável	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos
Duração crítica (dias)	7	7
Altura da chuva crítica (mm)	460	566
Vazão Afluente (m³/s)	24,71	31,16
Vazão Máxima Defluente (m³/s)	15,71	20,73
Elevação da Soleira do Extravasor (m)	1.202,00	
Elevação da Crista (m)	1.210,00	
Elevação NA *Máx Maximorum* (m)	1.203,57	1.203,90
Borda Livre (m)	6,43	6,10
Volume disponível para amortecimento (1.000 m³)	18.422,89	

Como observado nos resultados apresentados na Tabela 10.14, o reservatório da Barragem BR possui volume suficiente para amortecimento das cheias associadas ao TR de 1.000 e 10.000 anos, bem como seu sistema extravasor de laminar cheias associadas as mesmas TR's, conforme preconiza a NBR 13.028/2017.

Vale ressaltar que, os volumes de amortecimento das estruturas existentes a montante, bem como as características geomorfológicas das bacias, interferem significativamente no resultado do estudo. Portanto, recomenda-se nova verificação quando da alteração dos mesmos.

10.4 VERIFICAÇÃO HIDRAÚLICA DA CALHA DO SISTEMA EXTRAVASOR

Para o sistema extravasor da Barragem BR, com elevações de soleira e crista nas cotas 1.202,00 m e 1.210,00 m, respectivamente, foram analisadas e verificadas 11 (onze) seções, a saber:

- Emboque do sistema extravasor de concreto projetado em seção trapezoidal, com 4,00 m de base, altura variável e declividade das paredes de 1,0H:1,5V;
- Trecho (1) calha lisa em seção trapezoidal com revestimento em concreto projetado, tendo 4.00 m de base, altura variando entre 0.34 m à 8.00 m, declividade de paredes de 1.0H:1.5V, com declividade de 0,50%;
- Trecho (2) transição horizontal de seção trapezoidal para retangular com revestimento em concreto armando e declividade de 0,50%;

- Trecho (3) galeria em seção retangular com revestimento em concreto armando, tendo 4,00 m de base, altura de 2.00 m e declividade de 0,50%;
- Trecho (4) calha lisa em seção retangular e revestimento em concreto armando, tendo 4,00 m de base, 2.00 m de altura e declividade de 0,50%;
- Trecho (5) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armando, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 3.50 m e declividade de 14.29%;
- Trecho (6) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armando, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 2.60 m e declividade de 19.23%;
- Trecho (7) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armando, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 1.80 m e declividade de 27.78%;
- Trecho (8) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armando, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 3.30 m e declividade de 15.12%;
- Trecho (9) descida de água em seção retangular e revestimento de concreto armando, tendo 4,00 m de base, 2,00 m de altura, degraus com espelho de 0,50 m, piso de 5.00 m e declividade de 10.00%; e
- Trecho (10) bacia de dissipação.

Diante do cenário estabelecido, desenvolveram-se os estudos hidráulicos em duas etapas, sendo a primeira etapa corresponde à análise da seção longitudinal do eixo do extravasor; na segunda etapa foram processadas as simulações hidráulicas.

10.4.1 Análise da seção longitudinal do eixo do sistema extravasor

A Figura 10-10 mostra a indicação dos trechos projetados mencionados anteriormente.

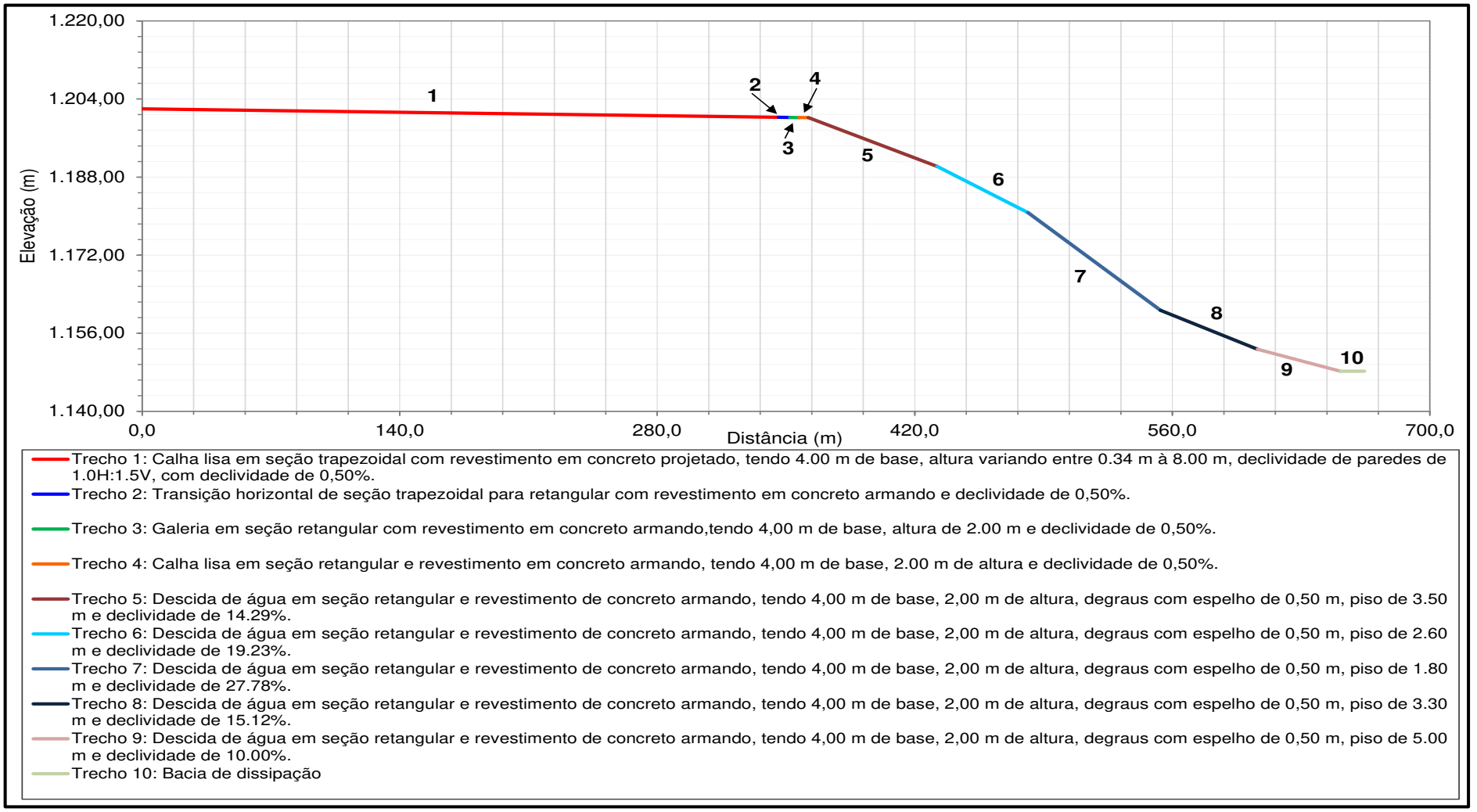


Figura 10-10: Perfil longitudinal do sistema extravasor da Barragem BR – Soleira 1.202,00 m.

10.4.2 Trecho em calha lisa

A modelagem hidráulica do trecho em calha lisa foi efetuada com a utilização do aplicativo computacional HEC-RAS, versão 5.0.7. Como dados básicos para o funcionamento do aplicativo são consideradas as seções transversais, que reproduzem a geometria dos trechos, e as características de rugosidade da calha (coeficiente de rugosidade de *Manning*).

O aplicativo efetua cálculos de progressão do escoamento unidimensional, para a hipótese do regime permanente gradualmente e bruscamente variado. O processamento inicia sempre a partir de seções de controle hidráulico, dados nos extremos de montante ou de jusante do trecho em estudo, podendo operar para as condições de regime subcrítico ou supercrítico, identificando-se as seções de mudança de regime com a eventual formação de ressalto hidráulico.

As características de rugosidade da calha foram sintetizadas no coeficiente de rugosidade de *Manning*, com a utilização do aplicativo computacional SisCCoH 1.1, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (DERH-EE/UFMG).

Desta maneira, procurou-se admitir a condição do escoamento em degraus simulando esta situação através do uso de uma rugosidade empírica (trecho com fundo liso, mas com rugosidade capaz de refletir a mesma condição de escoamento prevista no escoamento em degraus).

Na Tabela 10.15, estão apresentados os coeficientes de rugosidade adotados para a simulação hidráulica.

Tabela 10.15: Coeficientes de rugosidade utilizados.

Trecho	Coeficiente de rugosidade
1	0,018 (Concreto projetado)
2	0,015
3	0,015
4	0,015
5	0,049*
6	0,054*
7	0,058*
8	0,050*
9	0,046*
10	0,015

*Trechos com rugosidades “empíricas” calculados com o suporte do programa SisCCoH simulando a condição de escoamento em degraus.

10.4.3 Apresentação de resultados

Como resultados da modelagem hidráulica, a Figura 10-11 apresenta os perfis de linha de água do sistema extravasor, para a vazão de projeto associada ao TR de 10.000 anos (20,73 m³/s), onde é apresentado graficamente, o perfil de escoamento ao longo do canal. Complementarmente, são apresentados a profundidade crítica, fundo do canal e paredes.

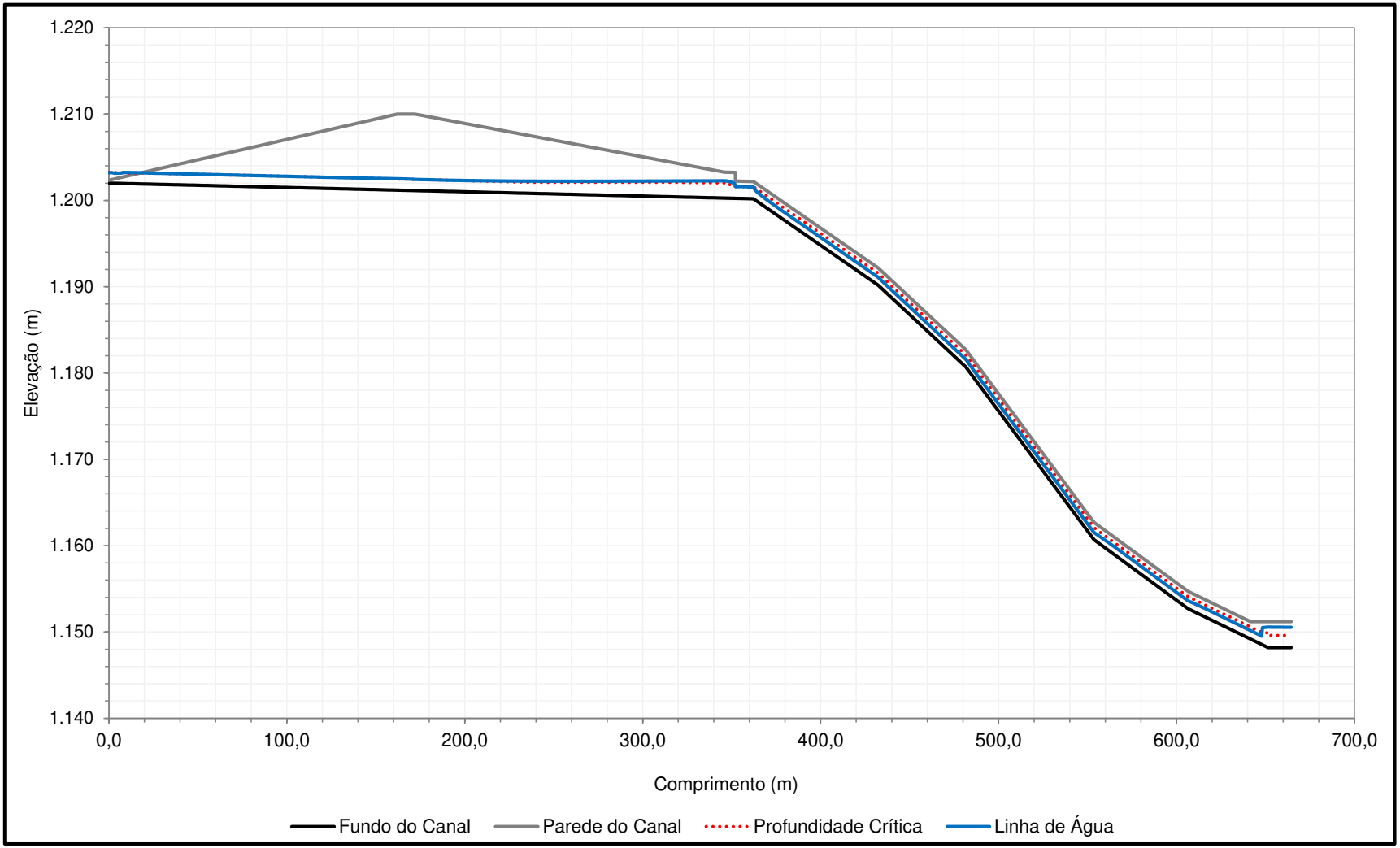


Figura 10-11 – Perfil do escoamento no canal extravasor da Barragem BR – TR 10.000 anos.

As análises indicaram que a geometria proposta é capaz de conduzir adequadamente a vazão de projeto para TR de 10.000 anos.

10.4.3.1 Bacia de dissipação

As bacias de dissipação são estruturas que efetuam a dissipação de energia através do conceito de ressalto hidráulico ou por impacto através de estruturas nela inseridas. No projeto do sistema extravasor da Barragem BR, adotou-se a bacia de dissipação por ressalto hidráulico, cujo objetivo essencial consiste em fixar a posição do ressalto e reduzir seu comprimento, além de proporcionar, evidentemente, uma adequada eficiência na dissipação de energia.

Neste dimensionamento utilizou-se, em um primeiro momento, o aplicativo computacional SisCCoH 1.1. O cálculo consistiu em determinar as dimensões das bacias de dissipação do sistema, capaz de garantir que o ressalto hidráulico ocorra em seu interior.

A Tabela 10.16 apresenta os dados de entrada e resultados obtidos para bacia de dissipação do sistema extravasor da Barragem BR. Como dados de entrada para o *software* foram considerados a vazão de projeto, altura da lâmina de água (y1) a montante da bacia de dissipação e a largura do canal da mesma.

Tabela 10.16: Dimensionamento da bacia de dissipação – Barragem BR.

Vazão (m^3/s)	Largura (m)	Profundidade montante (m)	Profundidade jusante (m)	Velocidade de jusante (m/s)	Comprimento do ressalto (m)
20,73	4,00	0,73	2,39	2,17	11,45

Conforme implantação do sistema extravasor da Barragem BR, a bacia de dissipação foi projetada com 4,00 m de base, 3,00 m de altura e 13,00 m de extensão, estando assim apta a conduzir a vazão de projeto associada ao TR de 10.000 anos.

10.4.3.2 Canal de restituição

Para a definição do diâmetro médio dos blocos no canal de restituição, trecho à jusante da bacia de dissipação proposta, dada a velocidade do escoamento ao final da calha vertente, utilizou-se os critérios centrados na Equação 10-7, segundo Escarameia e Mays (1998).

$$D_p = K_s . C_t . \frac{V_b^{\,2}}{2g.(s-1)}$$ Equação 10-4

Em que:

- D_p denota diâmetro médio das pedras, em m;
- K_s denota fator de correção granulométrica, valor médio usual de 1,15;
- C_t denota coeficiente de turbulência do escoamento;

Salienta-se que o coeficiente de turbulência do escoamento foi determinado pela Equação 6.5, que apresenta essa variável em função da Intensidade de Turbulência (IT), o qual foi adotado o IT no valor de 0,60, devido a se tratar de situação de extremidades de estruturas aonde serão locados os dissipadores de energia.

$$C_t = 12{,}3.(IT - 0{,}20)$$ Equação 10-5

- V_b denota velocidade de escoamento junto ao leito, em m/s;

  Salienta-se que a velocidade de escoamento junto ao leito V_b, (aproximadamente 90% da profundidade) é variável de acordo com o valor do IT, neste caso foi determinado pela Equação 6.6, devido valor do IT ser de 0,60.

$$V_b = (1{,}36 - 1{,}48.IT).U$$ Equação 10-6

Em que:

- U denota velocidade no final do dispositivo, em m/s.
- S denota densidade média dos blocos, adotado 2,6, em kg/m³;
- g denota gravidade, em m/s².

O canal de restituição deverá ser construído com blocos lançados de enrocamento de diâmetros de aproximadamente 0,40 m e espessura dos enrocamentos deve ser de 0,80 m.

10.5 ESTUDO DE ALTURA DE ONDA

A Borda Livre das barragens é definida como o espaço que deve ser alocado entre o NA máximo maximorum e a cota de coroamento do maciço, com a finalidade de absorver a arrebentação de ondas formadas por ventos ou agregar segurança adicional para eventuais recalques na elevação da crista. Na NBR 13.028 (ABNT, 2017) não é especificada o valor a ser adotada para borda livre de barragens.

O cálculo da amplitude da onda eólica é dado pela adaptação da metodologia formulada por SAVILLE et. al (1962), proposta por Naghettini (1999). Destaca-se que na ausência de informações é usual arbitrar-se valores de velocidade do vento (v) entre 50 e 100 km/h. No presente estudo, adotou-se o valor de 80 km/h, conforme recomenda Pinheiro (2011). A amplitude da onda eólica é dada pela Equação 10-7.

$$h_0 = 0{,}005 \cdot v_w^{1{,}06} \cdot F^{0{,}47}$$ Equação 10-7

Em que:

- (h_0) denota a altura de onda, em m;
- (v_w) denota a velocidade do vento ao nível da superfície do reservatório, em km/h. Essa velocidade é determinada aplicando os fatores de correção da Tabela 10.17 apresentada abaixo (SAVILLE *et al.*, 1962).

Tabela 10.17 – Fatores de correção da velocidade na superfície do reservatório.

Fetch (km)	0,805	1,609	3,219	6,437	9,656	12,874
V_w/v_{SR}	1,08	1,13	1,21	1,28	1,31	1,31

- (F) denota o *fetch* efetivo, em km.

O fetch é a extensão da superfície da água sobre a qual e em cuja direção o vento atua. A Figura 10-12 ilustra a determinação do *fetch* efetivo.

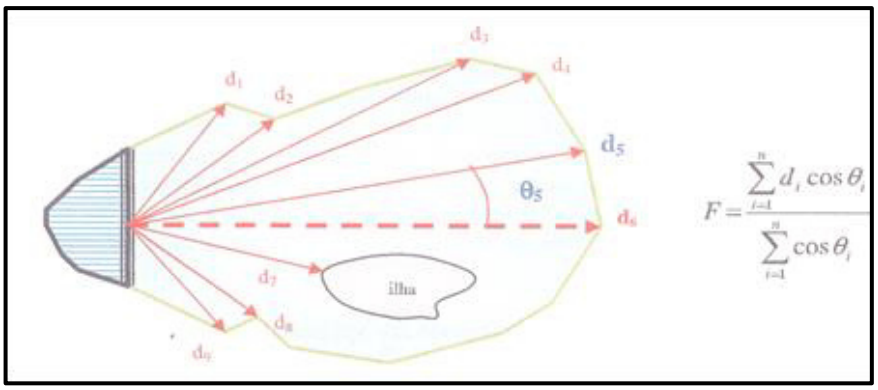


Figura 10-12 – Fetch Efetivo.

Neste estudo foi obtido um valor de *fetch* de 1,75 km. A Tabela 10.18, a seguir apresenta os resultados obtidos para altura de ondas.

Tabela 10.18 – Altura e comprimento de onda.

F (km)	1,75
v (km/h)	80,0
v_w (pés/s)	86,40
h_0 (m)	0,78

Para barragens de terra, recomenda-se que a borda livre mínima para conter a arrebentação das ondas seja igual ou superior a 1,4h_0, resultando em 1,09 m. Sendo assim, considerando a elevação da crista, 1.210,00 m, para garantir a arrebentação de ondas formadas pelo vento e agregar segurança ao dique, o nível máximo de água no reservatório deve ser de 1.208,91m.

10.6 DRENAGEM SUPERFICIAL

10.6.1 Concepção do Sistema

Para o correto ordenamento do volume de escoamento formado sobre as bermas, taludes e em no terreno natural nas ombreiras do maciço e pelo acesso, adotou-se duas diferentes estruturas de drenagem superficial, a saber:

- Canais de ombreira (CO), situados nas ombreiras esquerda e direita, chamados respectivamente de COE e COD, foram projetados em concreto armado e verificados para altas e baixas declividades, em função das possibilidades de implantação no terreno nas etapas posteriores de estudos da estrutura. Têm a função de coletar o escoamento das bermas e de parte do terreno natural nas ombreias do maciço, evitando o escoamento no contato da estrutura com o terreno;
- Canaletas de bermas (CA), situadas nas bermas, com declividade longitudinal de 1% e projetadas em concreto armando, coletando as vazões dos taludes e bermas e conduzi-los até os canais periféricos; e
- Sarjetas triangulares de concreto (STC), localizadas nos acessos e nas duas últimas bancadas da barragem, terão a função de coletar as vazões escoadas pelos acessos, taludes e bermas e direcioná-las para um local adequado de descarte.

A seguir, na Figura 10-13, são apresentados o sistema de drenagem superficial proposto para a Barragem BR após o alteamento para a elevação 1.210,00 m.

O arranjo geral da drenagem superficial está apresentado no documento de número DF19-263-1-EG-DWG-0116. Já os desenhos de planta, perfil, seções típicas e detalhes estão apresentados nos documentos de número DF19-263-1-EG-DWG-0117 a DF19-263-1-EG-DWG-0127.

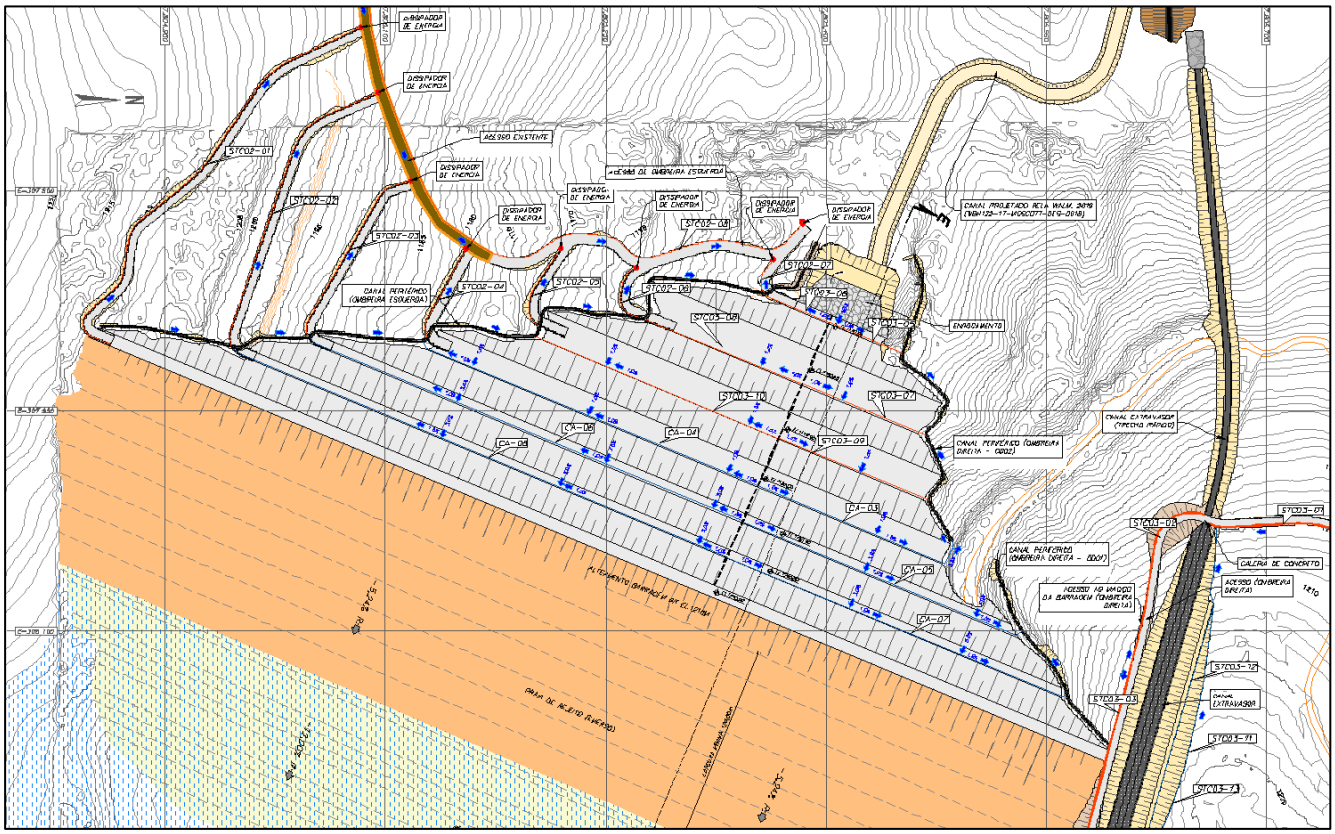


Figura 10-13 – Concepção do sistema de drenagem superficial para o maciço da Barragem BR após alteamento para elevação 1210,00 m.

10.6.2 Vazão de Projeto

A partir dos valores de precipitação supracitados e utilizando método indireto de transformação chuva-vazão, foram determinadas as vazões de projeto das estruturas hidráulicas componentes do sistema de drenagem da Barragem BR.

É importante destacar que, para o dimensionamento da drenagem superficial da Barragem BR foi utilizado os quantis de chuva associados a 500 anos de tempo de retorno tanto para os canais periféricos, quanto para a berma que atuará como canal, conforme recomenda a Norma Brasileira NBR 13.028/2017.

Conforme previamente indicado, as vazões de projeto das estruturas do sistema de drenagem superficial foram determinas segundo o Método Racional.

Neste método, a transformação de chuva em vazão é obtida pela aplicação de um coeficiente de escoamento definido em função da cobertura vegetal e tipo do solo da bacia de contribuição. Considera-se que os eventos chuvosos correspondentes às vazões máximas têm a duração igual ao tempo de concentração da respectiva bacia, ou seja:

$$Q_p = \frac{C \cdot i_{t,T} \cdot A}{3{,}6}$$ Equação 10-8

Em que:

- Q_P denota vazão de projeto (m³/s).
- C denota coeficiente de escoamento, determinado a partir do uso do solo e do tipo do solo.
- $I_{t,T}$ denota intensidade média da chuva para uma duração t e um tempo de retorno T (mm/h).
- A denota área da bacia de contribuição (km²).

O tempo de contenção foi calculado usando o Método Cinemático, obtido pela seguinte expressão:

$$t_c = \sum \frac{L_i}{v_i}$$ Equação 10-9

Em que:

- t_c denota tempo de concentração, em min.
- L_i denota comprimento de cada trecho do talvegue, em m.
- v_i denota velocidade média, em m/s. Foram adotadas velocidades de 5 m/s para terreno natural e canais, e 1 m/s para bermas (PINHEIRO, 2011).

Os valores dos coeficientes de escoamento adotado para o cálculo das vazões de projeto foram ponderados segundo as áreas de drenagem para cada tipo identificado baixo, baseados em Pinheiro (2011).

- Maciço: C = 0,50; e
- Terreno natural: C = 0,25.

Na Tabela 10.19 estão apresentadas as sínteses dos cálculos para a obtenção das vazões de projeto para as estruturas projetadas, sendo apresentada apenas a vazão esperada para a berma mais solicitada.

Tabela 10.19 - Síntese do cálculo das vazões de projeto.

Estrutura	Área de Drenagem (km²)	Tempo de concentração (min)	TR (anos)	I (mm/h)	C ponderado	Vazão (m³/s)
COD1	0,086	5,0	500	202,62	0,42	2,01
COD2	0,086	5,0	500	202,62	0,42	2,01
COE	0,090	5,0	500	202,62	0,36	1,83
CA'S	0,010	5,0	100	181,50	0,50	0,24
STC-02	0,007	5,0	100	181,50	0,50	0,19
STC-03	0,014	5,0	100	181,50	0,50	0,27

Ressalta-se que para o cálculo das canaletas adotou-se o dispositivo de maior área de drenagem e replicou para os outros dispositivos, o mesmo ocorreu para as sarjetas.

10.6.3 Dimensionamento Hidráulico

O dimensionamento hidráulico dos dispositivos hidráulicos propostos para o sistema de drenagem superficial foi realizado considerando os trechos com declividade máxima e mínima apresentados pelas estruturas, para determinação da velocidade e altura máximas da lâmina de água, respectivamente.

Para os trechos em calha lisa, foi utilizada a metodologia proposta por *Manning* (Equação 10-10):

$$Q = \frac{1}{n}.A.{R_h}^{2/3}.\sqrt{I} \qquad \text{Equação 10-10}$$

Em que:

- (n) denota o coeficiente de rugosidade de *Manning*. Para efetuar-se a estimativa do coeficiente de rugosidade, encontra-se em literatura um grande número de tabelas, obtidas a partir de ensaios e medições de campo. Devem ser destacados os elementos apresentados na obra *Open Channel Hydraulics, Ven Te Chow* (1959), onde consta uma extensa lista de coeficientes de rugosidade associados a diversos materiais e situações de utilização. Apresentam-se, na Tabela 10.20, a seguir, alguns valores de coeficientes de rugosidade, compilados de diversas publicações sobre o assunto.

Tabela 10.20 - Coeficiente de rugosidade para canais artificiais[1].

Revestimento	Mínima	Rugosidade Usual	Máxima
Concreto pré-moldado	0,011	0,013	0,015

[1] Batista, Márcio Benedito – Fundamentos de engenharia hidráulica / Márcio Benedito Baptista, Márcia Maria Lara Pinto Coelho. – 3. ed. ver. e ampl. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 480p.

Revestimento	Mínima	Rugosidade Usual	Máxima
Concreto com acabamento	0,013	0,015	0,018
Concreto sem acabamento	0,014	0,017	0,020
Concreto projetado	0,018	0,020	0,022
Gabiões	0,022	0,030	0,035
Espécies vegetais	0,025	0,035	0,070
Aço	0,100	0,012	0,014
Ferro Fundido	0,011	0,014	0,016
Aço Corrugado	0,019	0,022	0,028
Solo sem revestimento	0,016	0,023	0,028
Rocha sem revestimento	0,025	0,035	0,040

- (A), denota a área molhada da seção transversal de um dado dispositivo de drenagem, em m²;
- (2P) denota o perímetro molhado de um dado dispositivo de drenagem, em m.
- (I) denota a declividade de fundo de um dado dispositivo de drenagem, em m/m; e
- (Q_{adm}) denota a vazão admissível em um dado dispositivo de drenagem, em m.

Ademais, foram aplicadas rotinas de cálculos em Excel (Microsoft *Corporation*), previamente elaboradas pela DF+.

10.6.3.1 Apresentação de resultados

Ressalta-se que, para o cálculo da vazão de projeto utilizada no dimensionamento da drenagem das STC's e CA's considerou-se como referência a estrutura de maior área de contribuição.

A seguir na Tabela 10.21, é apresentado o dimensionamento hidráulico dos dispositivos de drenagem superficial da Barragem BR na elevação 1.210,00 m, bem como para o acesso e cortes gerados pela implantação do sistema extravasor.

Tabela 10.21 – Dimensionamento hidráulico.

Dispositivo	Q (m³/s)	Seção geométrica	Revestimento	Base (m)	Altura Parede (m)	Declividade mínima (%)	Prof. (m)	Borda Livre (m)	Velocidade (m/s)
COD1	2,01	Retangular	Concreto	1,00	1,00	1,0	0,80	0,20	3,04
COD2	2,01	Retangular	Concreto	1,00	1,00	1,0	0,80	0,20	3,04
COE	1,83	Retangular	Concreto	1,00	1,00	1,0	0,80	0,20	3,04
CA's	0,24	Retangular	Concreto	0,40	0,50	1,0	0,40	0,10	1,74

Dispositivo	Q (m³/s)	Seção geométrica	Revestimento	Base (m)	Altura Parede (m)	Declividade mínima (%)	Prof. (m)	Borda Livre (m)	Velocidade (m/s)
STC-02	0,19	Triangular	Concreto	0,80	0,30	1,0	0,29	0,01	1,61
STC-03	0,27	Triangular	Concreto	1,00	0,30	1,50	0,28	0,02	1,99

Ademais, os canais de obreiras concebidas com seção retangular e com revestimento em concreto armado. Estes deverão apresentar declividade mínima de 1,0% e nos trechos em que a declividade de fundo exceder a 10%, deverão ser implantados em degraus, garantido o assim escoamento torrencial no decorrer da estrutura.

Nos estudos foi utilizada a metodologia de *Manning* (Equação 10-10) para o trecho com declividade inferior a 10%, considerando o fluxo em regime uniforme. E para os trechos com regime gradualmente variado (trecho em degraus), verificou-se o fluxo no regime tipo "*Skimming Flow*", por meio do *software* SisCCoH 1.1.

Na Tabela 10.22, apresenta o dimensionamento dos trechos em degraus dos canais de ombreiras, com declividades acima de 10%.

Tabela 10.22 – Síntese do dimensionamento hidráulico - *Skimming Flow.*

Dispositivo	Q (m³/s)	Base (m)	Altura Parede (m)	Altura do Degrau (m)	Estaca	Profundidade Aerada (m)	Borda Livre (m)	Velocidade Final (m/s)
COE	1,83	1,00	1,00	0,50	0+00 até 1+5.20	0,47	0,53	5,51
COE					1+16.49 até 2+6.09	0,51	0,49	5,13
COE					2+6.09 até 3+18.89	0,50	0,50	5,20
COE					5+5.06 até 5+15.86	0,44	0,56	6,37
COE					5+15.86 até 6+11.06	0,52	0,48	5,06
COE					6+11.06 até 7+6.66	0,49	0,51	5,35
COE					7+11.88 até 8+4.28	0,53	0,47	4,92
COE					8+18.35 até 10+11.10	0,49	0,51	5,37
COE					11+18.60 até 13+7.40	0,48	0,52	5,40
COE					14+9.38 até 15+4.78	0,46	0,54	5,62
COE					16+8.30 até 19+14.80	0,49	0,51	5,33
COE					21+4.17 até 24+3.37	0,49	0,51	5,29
COE					24+16.61 até 25+11.41	0,51	0,49	5,07
COD1	2,01	1,00	1,00		0+00 até 0+15.00	0,54	0,46	5,26
COD1					0+15.00 até 1+7.60	0,52	0,48	5,53
COD1					1+7.60 até 2+5.60	0,52	0,48	5,51
COD1					2+12.46 até 4+126	0,46	0,54	6,18

Dispositivo	Q (m³/s)	Base (m)	Altura Parede (m)	Altura do Degrau (m)	Estaca	Profundidade Aerada (m)	Borda Livre (m)	Velocidade Final (m/s)
COD1					6+9.90 até 7.635	0,50	0,50	5,73
COD2					0+17.99 até 1+14.64	0,48	0,53	6,03
COD2					1+14.64 até 2+864	0,46	0,54	6,33
COD2	2,01	1,00	1,00		3+9.21 até 4+16.41	0,45	0,55	6,36
COD2					4.16.41 até 5+2.11	0,61	0,39	4,68
COD2					6.6.03 até 7+10.43	0,51	0,49	5,61
COD2					7.10.43 até 8+4.53	0,52	0,48	5,50

10.6.3.2 Bacia de dissipação

Foram dimensionadas bacias de dissipação para os canais de ombreiras da barragem, sendo assim, se utilizou o aplicativo computacional SisCCoH 1.1. O cálculo consistiu em determinar as dimensões das bacias de dissipação dos dispositivos, capaz de garantir que o ressalto hidráulico ocorra em seu interior.

A Tabela 10.23 apresenta os dados de entrada e resultados obtidos para bacia de dissipação dos canais de ombreira da Barragem BR. Como dados de entrada para o *software* foram considerados a vazão de projeto, altura da lâmina de água (y1) a montante da bacia de dissipação e a largura do canal.

Tabela 10.23: Dimensionamento da bacia de dissipação – Canais de ombreira - Barragem BR.

Dispositivo	Vazão (m³/s)	Largura (m)	Profundidade montante (m)	Profundidade jusante (m)	Velocidade de jusante (m/s)	Comprimento do ressalto (m)
COE	1,83	1,00	0,49	0,96	1,91	3,21
COD1	2,01	1,00	0,35	1,37	1,47	7,01
COD2	2,01	1,00	0,69	0,80	2,51	0,78

10.6.3.3 Canal de restituição

Para a definição do diâmetro médio dos blocos a jusante das bacias de dissipação dos canais de ombreiras, adotou a metodologia discriminada no item 10.4.3.2.

Na Tabela 10.24, é apresenta os dados de entrada e resultados obtidos para o diâmetros dos blocos na saída das bacias de dissipação.

Tabela 10.24: Dimensionamento da bacia de dissipação – Canais de ombreira - Barragem BR.

Dispositivo	Velocidade na chegada dos blocos (m/s)	Diâmetro dos blocos calculado (m)
COE	1,91	0,31
COD1	1,47	0,29
COD2	2,51	0,37

Sendo assim, adotou o valor do diâmetro dos blocos de 0,40 m e espessura de 0,80 m para todos os dispositivos.

10.6.3.4 Verificação hidráulica das curvas

Na verificação hidráulica do segmento em curva, pode-se observar a ocorrência de correntes secundárias decorrentes de um fluxo em espiral, ocasionado pela atuação das forças centrípetas. Dessa forma, observa-se nessas situações uma alteração das profundidades de escoamento, com acréscimo da lâmina no bordo externo e um rebaixamento da lâmina no bordo interno das curvas.

Para a verificação da curva utilizou-se o aplicativo computacional SisCCoH 1.1. O cálculo consistiu em determinar a altura da sobrelevação da lâmina de água no momento em que ocorre a curva na calha do dispositivo.

Ressalta-se que, foi verificado a pior caso de curva em cada dispositivo, sendo assim, na Tabela 10.25 é apresentado os resultados das verificações das curvas.

Tabela 10.25: Verificação das curvas nos canais de ombreiras - Barragem BR.

Dispositivo	Largura (m)	Prof. no início da curva (m)	Vel. no início da curva (m/s)	Froude no início da curva	Estaca	Raio (m)	Sobreelevação (m)
COE	1,00	0,29	6,38	3,8	5+10,33	5,00	0,83
COD1	1,00	0,31	6,60	3,81	2+10,74	10,00	0,44
COD2	1,00	0,37	5,51	2,91	8+12,59	5,00	0,62

A partir dos resultados apresentados acima, e sendo que a altura de todos os canais é de 1,00 m, tem-se que, para o COE neste trecho em curva o canal deverá ter 1,20 m de altura.

10.6.3.5 Verificação das velocidades

Para a verificação das velocidades dos dispositivos, utilizou-se a Equação 10-10, considerando a profundidade normal do escoamento para o trecho de maior declividade em calha lisa. A seguir a Tabela 10.26, apresenta as velocidades encontradas e as admissíveis para cada tipo de material.

Tabela 10.26 - Verificação de velocidades nos dispositivos.

Dispositivo de drenagem	Material	Declividade máxima (m/m)	Velocidade (m/s)	Velocidade admissível (m/s)
COE	Concreto Armado	0,09	6,66	12,00
COD1	Concreto Armado	0,09	6,60	12,00
COD2	Concreto Armado	0,10	6,85	12,00
STC's	Concreto Armado (DNIT)	0,100	4,16	4,50

Diante o exposto, as velocidades encontradas são inferiores as velocidades admissíveis para cada tipo de material de revestimento.

A diagramação do sistema de drenagem superficial proposta para o alteamento da Barragem BR, na elevação 1.210,00 m, é apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0116.

11.0 ALTEAMENTO PARA A ELEVAÇÃO 1210 M

A seguir é apresentada a proposta para o alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210,0 m, em que são abordados aspectos geométricos do arranjo, maciço e fundação.

11.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

O maciço alteado da Barragem BR será construído pelo método de linha de centro, com a utilização de rejeito de magnetita drenada e compactado com controle carregada do pátio de deposição para composição do paramento de jusante e o lançamento de rejeito de flotação à montante da crista para a manutenção da largura da praia de rejeitos. Na Figura 11-1 é apresentado o arranjo geral do projeto de alteamento. Para maiores informações, ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0101.

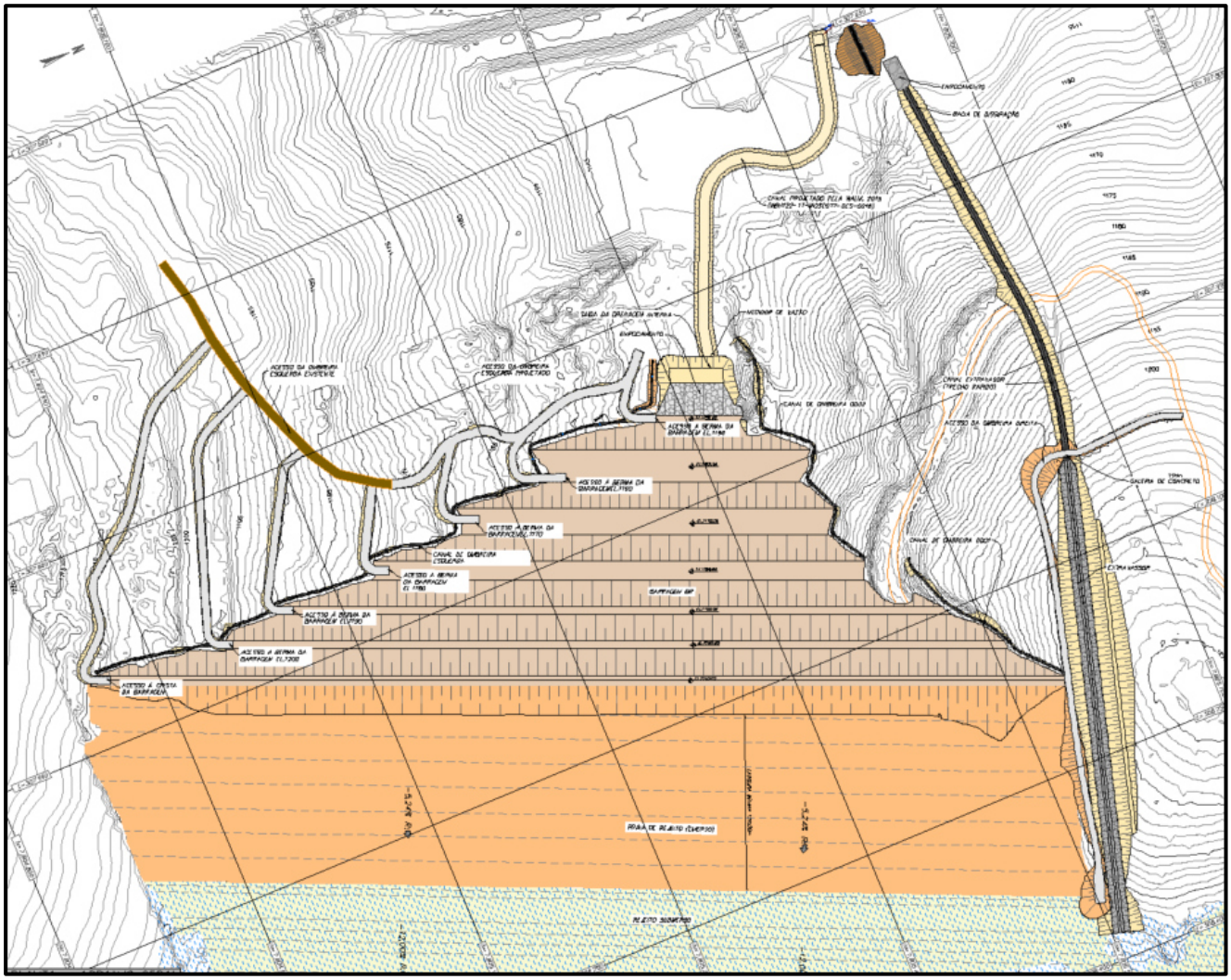


Figura 11-1 – Arranjo Geral – Alteamento – Barragem BR – El. 1210m

As características geométricas do novo maciço são as seguintes:

- Talude de montante com inclinação de 2,0 (H): 1,0 (V);
- Talude de jusante com inclinação entre bermas de 2,0 (H): 1,0 (V);
- Largura de bermas: 6, 15, 20 e 25 metros;
- Altura entre bermas: 10 metros;
- Largura de crista: 8 metros;

A Figura 11-2 apresenta a seção típica do maciço alteado.

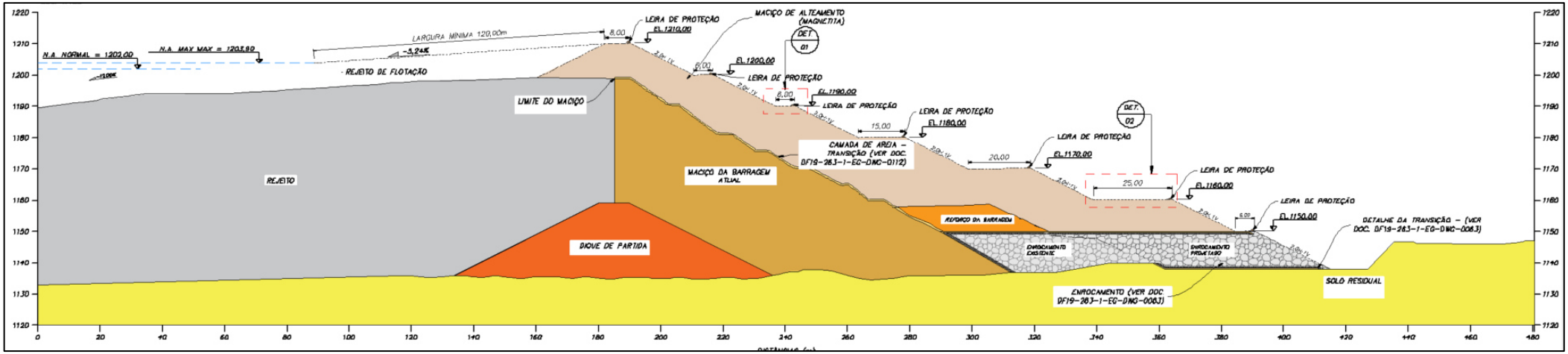


Figura 11-2 – Seção Central EE' do Maciço Alteado – El. 1210 m

O Alteamento foi dimensionado seguindo a concepção apresentada a seguir com a utilização dos seguintes materiais:

- Maciço – Rejeito de Magnetita compactada com controle;
- Manutenção da Praia – Rejeito de Flotação Underflow;
- Sistema Extravasor (Canal de Aproximação) – Canal escavado com seção trapezoidal e revestimento vegetal;
- Sistema Extravasor (Canal Rápido) – Canal em seção retangular com revestimento em concreto armado;
- Sistema Extravasor (Bacia de Dissipação) – Trecho em seção retangular com revestimento em concreto armado;
- Sistema Extravasor (Canal de Restituição) – Trecho em seção trapezoidal com revestimento em enrocamento;
- Transições – As transições consistem de três materiais: areia, brita 0 e brita 3;
- Dreno de pé – Enrocamento selecionado (D50 = 250mm).

Conforme já mencionado anteriormente, o sistema extravasor (ver DF19-263-1-EG-DWG-0026 a DF19-263-1-EG-DWG-0035) é composto pelos seguintes elementos:

- Trecho 1 (canal de aproximação): soleira vertente concebida em geometria trapezoidal, com base de 4,0 metros, altura variável, taludes laterais de 1,5 (H): 1 (V), com revestimento em concreto projetado até 3,0 m de altura e em seguida, com revestimento vegetal;
- Trecho 2: canal rápido concebido em geometria retangular e revestido em concreto, com base de 4,0 metros e altura variável, possuindo trecho em calha lisa e em degraus;
- Trecho 3: bacia de dissipação para redução do potencial erosivo das vazões vertidas, com seção retangular e revestida em concreto armado, possuindo 4 m de altura e 13 m de extensão.
- Trecho 4: canal de restituição revestido em blocos de diâmetro médio de 40 cm.

A Tabela 11.1 apresenta o resumo das características do dique projetado.

Tabela 11.1 - Resumo das características geométricas do Maciço Alteado na El. 1210m

Características	
Comprimento da Crista	746,0 m
Largura da Crista	8,00 m
Largura de Berma	6,00, 15,00, 20,00 e 25,00 m
Altura entre Berma	10,0 m
Largura Mínima de Praia	120,0 m
Cota da Crista	1210,00 m
Cota da Soleira da Calha Vertente	1202,00 m
Na Máx Maximorum	1203,90 m
Na Normal de Operação (Cota da Soleira do Extravasor)	1202,0 m
Borda livre (TR 10.000 anos)	6,10 m
Capacidade de barramento – EL.1200,00 a 1210,00 m (baseado no plano de disposição - documento DF19-263-1-EG-RTE-0002)	42,4 Mm^3

11.2 TRATAMENTO DE FUNDAÇÃO

O maciço deverá apoiar-se em terreno natural competente. Para isso, propôs-se ao longo do maciço e das ombreiras, que seja executada limpeza de fundação na espessura de 30 cm. Já na região de jusante, onde será prolongado o dreno de pé, propôs-se a escavação até a elevação 1.138,0 m com largura de 35 m. Esta escavação levou em consideração o resultado da campanha de sondagem realizada em 2020 e que identificou dois metros de solo mole abaixo da elevação 1.140 m a jusante da barragem.

O tratamento de fundação nas ombreiras e na região de fundação no alinhamento da crista consistiu na remoção da vegetação arbustiva e limpeza de *topsoil*, conforme apresentado na Figura 11-3. A Figura 11-4 apresenta o detalhamento da escavação na saída da drenagem interna. Para maiores detalhes ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0110 e .DF19-263-1-EG-DWG-0111.

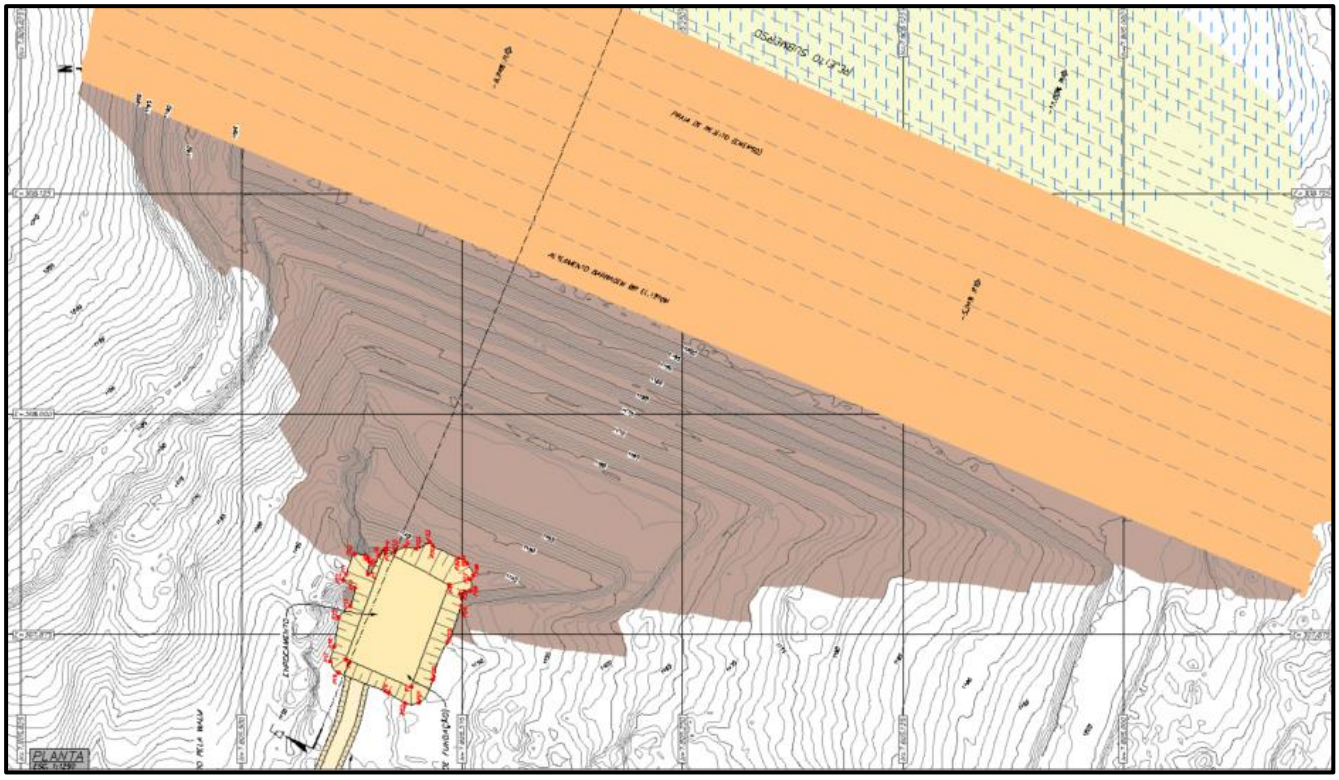


Figura 11-3- Tratamento de Fundação – Barragem BR – El. 1210 m

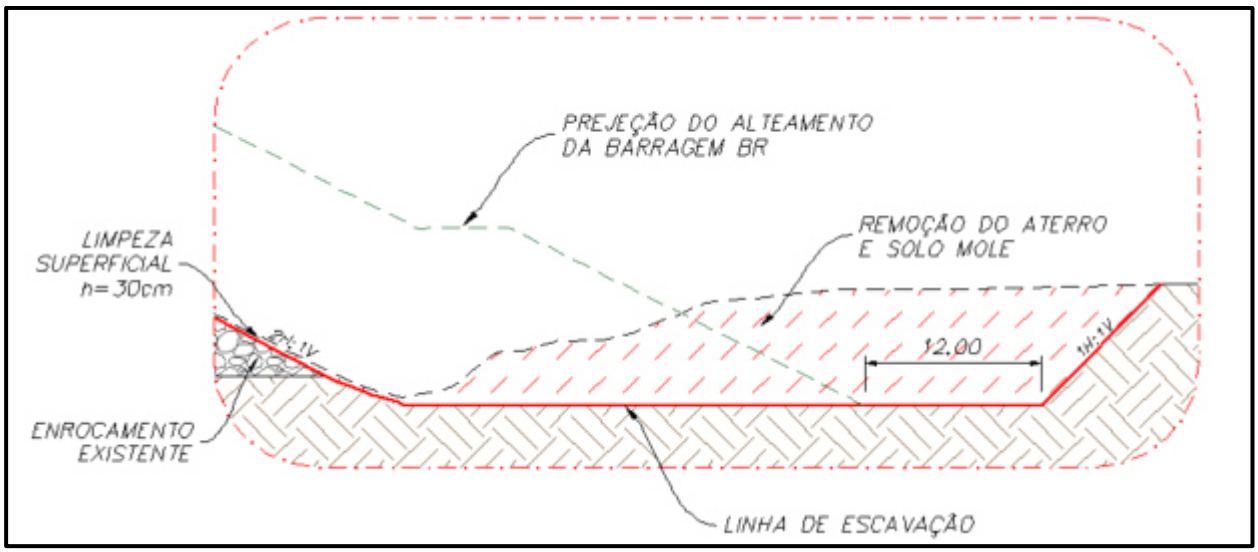


Figura 11-4- Tratamento de Fundação – Detalhe da região a jusante da barragem na saída da drenagem interna.

11.3 DRENAGEM INTERNA

A drenagem interna proposta para a Barragem BR é constituída pelo prolongamento do dreno de pé existente, dreno de contato entre o maciço atual e o maciço projetado, prolongamento do dreno existente na obreira esquerda e dreno de contato entre o maciço projetado e o solo de fundação nas ombreiras (Ver documentos DF19-263-1-EG-DWG-0112 a DF19-263-1-EG-DWG-0115).

Além disso, no trecho do canal extravasor existente localizado na ombreira direita, no alinhamento da crista da barragem, previu-se a execução de um dique de fechamento em solo compactado. Este dique deverá possuir dreno inclinado de areia, colchão drenante e dreno de pé a jusante (Ver documento DF19-263-1-EG-DWG-0025).

Propôs-se ainda, sobre o contato com as ombreiras na porção a jusante até a elevação 1.185,0 m, que seja executado um dreno de contato com 50 cm de areia.

Entre o contato do maciço de magnetita atual e o projetado, propôs se a execução de 30 cm de camada arenosa, com o objetivo de servir como filtro e também como material de transição.

11.3.1 Dimensionamento do Dreno de Contato e Colchão Drenante

As análises de percolação permitem conhecer a distribuição de pressões neutras, cargas piezométricas e o valor das vazões no interior do maciço e da fundação da barragem. O fluxo de água no interior do maciço deve ser captado e direcionado de maneira segura para a saída do sistema de drenagem, de modo que o nível freático não seja um fator condicionante para a segurança da estrutura.

As vazões no interior do maciço são os dados de entrada para o dimensionamento do sistema de drenagem interna. Neste projeto as análises foram feitas utilizando-se o software Slide (2018), da Rocscience.

O sistema de drenagem interna do maciço atual consiste em um dreno de pé, executado juntamente ao reforço, projeto da Walm, em 2019.

De forma a conduzir o fluxo de água da barragem atual para jusante do barramento, o sistema de drenagem interna do alteamento da barragem BR irá prolongar o enrocamento do dreno de pé existente, seguindo o alinhamento do vale, conforme apresentado na Figura 11-5. O objetivo geral das soluções propostas é disciplinar, ao máximo, o fluxo de água no interior do maciço, de forma a melhorar as condições de estabilidade da estrutura final.

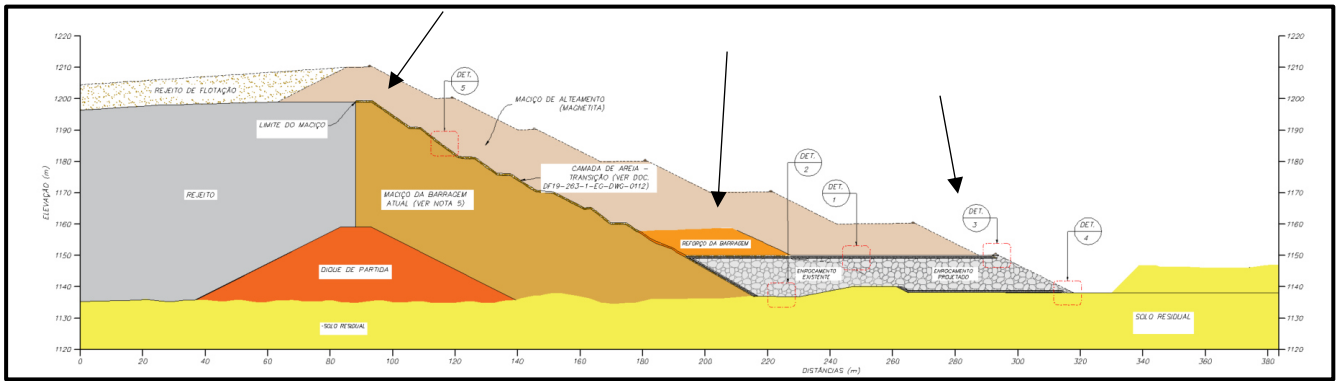


Figura 11-5 – Drenagem interna - Prolongamento

Além disso, entre o contato do maciço atual e o maciço projetado de magnetita, é previsto um dreno de contato, como apresentado na Figura 11-6.

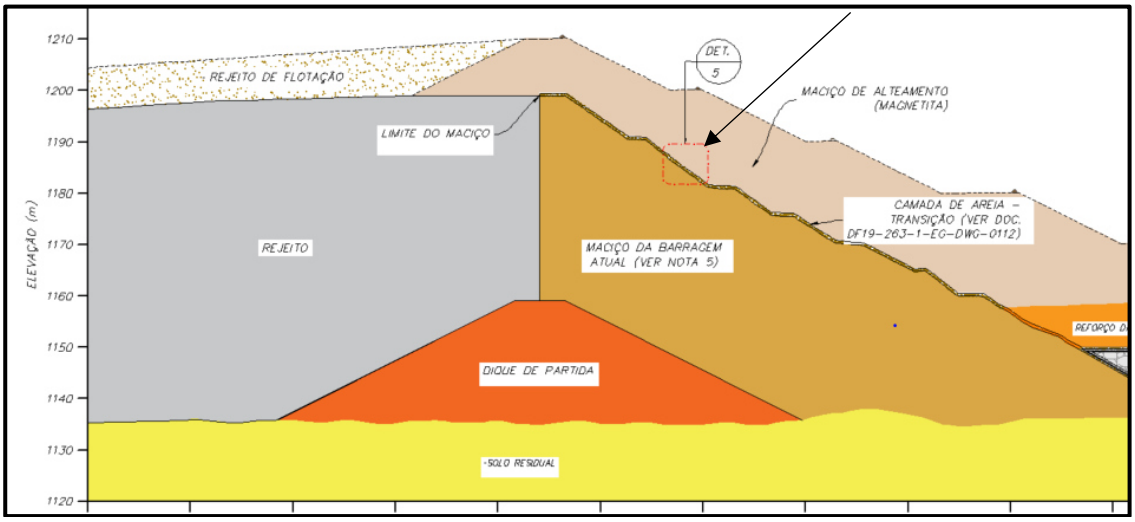


Figura 11-6 – Dreno de contato entre o maciço atual e o maciço projetado de magnetita

Para o dimensionamento do sistema de drenagem do alteamento foram feitas as seguintes considerações:

- Foram adotados os mesmos parâmetros de permeabilidade definidos pela calibração do modelo da condição inicial de obra.
- Compatibilização das leituras obtidas no modelo com as leituras recebidas dos medidores de vazão e sistema de bombeamento existente;

Tais considerações foram adotadas de modo que as análises de percolação representem as condições mais críticas para a drenagem dimensionada. Sendo assim, garante-se que o dimensionamento será adequado, uma vez que seu funcionamento foi avaliado para as condições mais adversas.

11.3.1.1 Determinação das vazões

A vazão obtida por análises de percolação da seção E-E' (apresentada anteriormente no item 9.1.1) é considerada vazão unitária (q), uma vez que corresponde ao volume de água que percola pelo colchão na seção transversal da barragem. De modo a determinar o volume de água que deve ser captado por todo o colchão, devemos transformar a vazão unitária em vazão total (Q), multiplicando a vazão unitária por um fator E, conforme a Equação 11-1 a seguir.

$$Q = 3600\ x\ q\ x\ E \qquad \text{Equação 11-1}$$

Onde:

- (Q) é a vazão total (m³/h);

- (q) é a vazão unitária (m³/s/m);
- (E) é a extensão da seção drenante do maciço (m).

A extensão da seção drenante do maciço é determinada a partir da definição da área de influência da seção transversal analisada.

11.3.1.2 Área de influência

Para determinação das áreas de influência, foi considerada a seção transversal principal, seção E-E', apresentada na Figura 11-2, e uma seção longitudinal de maior altura da barragem, seção G-G', posicionada na elevação 1.200,0 m, como exemplifica a Figura 11-7.

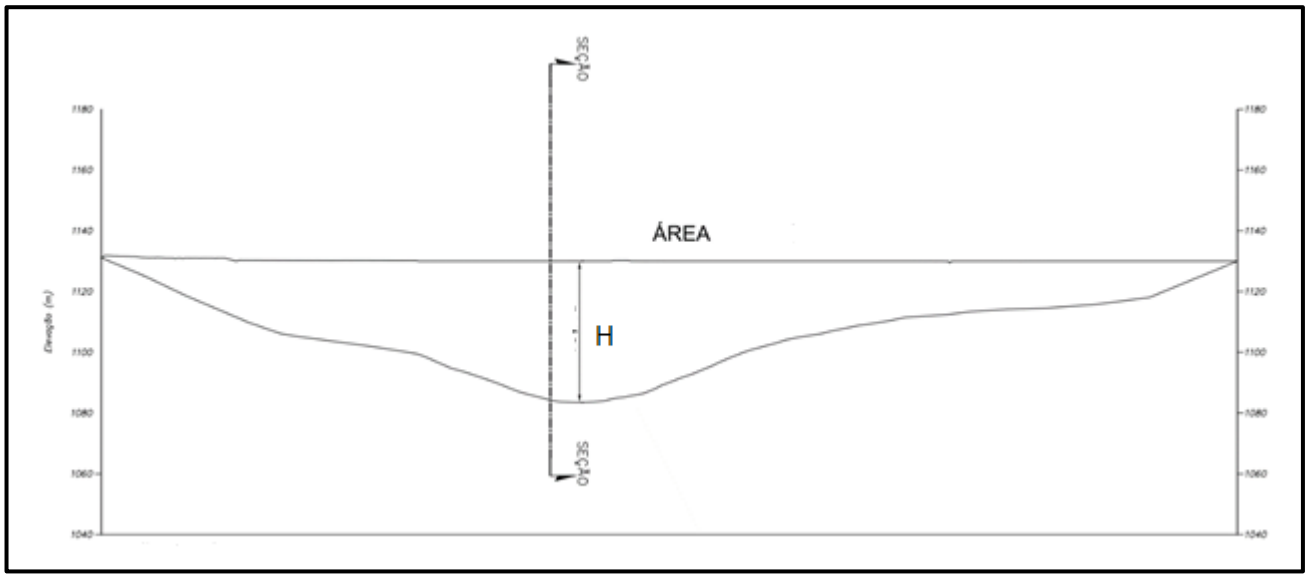


Figura 11-7- Seção geológico-geotécnica típica

Dessa forma, o fator E é definido pela Equação 11-2 como:

$$E = \frac{Área}{Altura} \qquad \text{Equação 11-2}$$

Com isso, sendo a área da seção G-G' igual a 19.327,0 m² e a altura da seção E-E' igual a 60,0 m, têm se o valor de E igual a 322.

A vazão unitária obtida para o dreno de contato será multiplicada por este fator, de forma a determinar a vazão total para o qual o dreno deve ser dimensionado. Ressalta-se que o fator E pode ser considerada a própria extensão da barragem, caso o leitor queira obter análises mais conservadoras.

11.3.1.3 Modelo de Percolação

As análises de percolação tiveram por objetivo a definição, o dimensionamento e a verificação do funcionamento do sistema de drenagem interna projetado.

As análises foram realizadas utilizando o software Slide da Rocscience que, a partir da geometria da barragem, coeficientes de permeabilidade dos materiais e condições de contorno aplicadas, gera como resultado o traçado da linha freática, as linhas de fluxo e as vazões que percolam pelo maciço.

As condições de definição do sistema foram analisadas para a seção de maior altura da barragem, seção transversal E-E' e seção longitudinal G-G', considerando regime de fluxo estabelecido e suas respectivas vazões unitárias (q) em m³/s/m obtidas através do modelo de percolação apresentado no 9.2.1.

- Colchão Drenante

Para a condição atual da barragem (El. 1200m) não foi possível obter calibração do modelo em termos de vazões, quando comparadas às vazões reais atualmente medidas pelo bombeamento existente ao pé da barragem, que por sua vez são significativamente maiores.

No entanto, esta diferença encontrada entre as vazões de modelo e as medidas para a situação atual foram consideradas para a estimativa de vazões do cenário futuro de alteamento. Ou seja, a vazão de cenário futuro considerada para o dimensionamento do dreno de pé a ser implantado foi determinada a partir da majoração das vazões medidas atuais pelo fator correspondente à razão entre as vazões futura e atual, ambas obtidas via modelo de percolação.

Cabe ressaltar ainda que, para fins do dimensionamento do colchão drenante, foi considerado como cenário futuro o possível alteamento da estrutura para a El. 1230m, não apenas o alteamento para a El.1210m, motivo do projeto detalhado em tela.

Resumindo, têm-se que:

- Vazão unitária atual obtida no modelo (q = 0,833m³/d), corresponde a vazão de bombeamento atual das bombas (250 m³/h).
- Vazão unitária pós alteamento obtida no modelo (q = 1,49m³/d), corresponde a vazão de bombeamento pós alteamento de 447 m³/h.

A Tabela 11.2 apresenta a vazão de dimensionamento do colchão drenante em m³/s, segundo as considerações apresentadas.

Tabela 11.2 – Vazão total do colchão drenante horizontal (m³/s)

Colchão Drenante	Q (m³/s)
Colchão Drenante	0,12

- Dreno de Contato

Para a vazão utilizada no dimensionamento do dreno de contato, utilizou-se a vazão obtida pela modelagem numérica (Slide 2018). A Tabela 11.3 apresenta o resultado obtido.

Tabela 11.3 - Vazões unitárias dos drenos de contato (m³/s/m)

Drenos de contato	q (m³/s/m)
Dreno de Contato (I=0,50)	1,41E-06

11.3.1.4 Dimensionamento do colchão drenante horizontal

No alteamento da Barragem BR é proposto a execução de colchão drenante. Ele foi dimensionado seguindo a metodologia de colchão drenante do tipo horizontal, considerando a linha de saturação (freática) dentro do dreno.

A espessura do colchão drenante horizontal pode ser calculada considerando as metodologias para o dreno trabalhando com fluxo livre (Dupuit,1863) ou em carga (Darcy).

Para fluxo livre, calcula-se a espessura do dreno a partir da Equação 11-3:

$$H_f = \sqrt{\frac{2\ x\ Q\ x\ FS\ x\ C}{K_d\ x\ L}} \qquad \text{Equação 11-3}$$

Já para fluxo em carga tem-se a Equação 11-4:

$$H_f = \sqrt{\frac{Q\ x\ FS\ x\ C}{K_d\ x\ L}} \qquad \text{Equação 11-4}$$

Sendo:

$$Q = 3600\ x\ q\ x\ E$$

Onde:

- (H_f) denota a espessura do dreno (m);
- (Q) denota a vazão total (m³/s);

- (q) denota a vazão unitária (m³/s/m);
- (E) denota a extensão da seção drenante do reforço (m);
- (C) denota o comprimento do dreno (m) – distância horizontal na seção estudada;
- (Kd) denota o coeficiente de permeabilidade do material do dreno (m/s);
- (L) denota a largura do dreno (m).

A espessura a ser adotada deverá ser igual ou maior a aquela encontrada pela Equação 11-4.

11.3.1.5 Dimensionamento do dreno de contato

No contato do maciço existente com o reforço será construído dreno de contato (DC), conforme apresentado na Figura 11-6.

O dimensionamento de drenos inclinados é realizado a partir da equação de fluxo livre e a linha de saturação (freática) se encontra acima do dreno, onde, de Darcy, têm-se a Equação 11-5.

$$H_f = \frac{Q\ x\ FS}{Kd\ x\ I\ x\ L} \qquad \text{Equação 11-5}$$

Onde:

- (H_f) denota a espessura do dreno (m);
- (Q) denota a vazão total (m³/s);
- (Kd) denota o coeficiente de permeabilidade do material do dreno (m/s);
- (L) denota a largura do dreno (m);
- (I) denota a inclinação do dreno (rad).

11.3.1.6 Resultados

Foram calculadas as vazões no colchão drenante e também no dreno de contato. Para o colchão drenante (prolongamento do dreno de pé), foi adotado a permeabilidade do mesmo material que compõe o dreno atualmente (enrocamento, kd = 0,1 m/s). Para o dreno de contato, foi definido dreno de areia (Kd = 1 x 10^{-4} m/s). As espessuras foram calculadas conforme memória de cálculo apresentada na Tabela 11.4 para o colchão drenante e Tabela 11.5, para o dreno de contato.

Tabela 11.4 – Dimensionamento do colchão drenante horizontal.

Colchão drenante horizontal	Q (m³/s)	Kd (m/s)	C (m)	FS	L (m)	Hf fluxo carga (m)	Hf fluxo carga (m)
Colchão drenante	1,2E-01	1,0E-01	35,00	10	35	4,9	3,5

Tabela 11.5 - Dimensionamento dos trechos inclinados do dreno de contato

DRENO DE CONTATO	q (m³/s/m)	E (m)	Q (m³/s)	Kd (m/s)	I (rad)	FS	L (m)	Hf fluxo livre (cm)
Dreno de contato	1,41E-06	322	4,53E-04	1,00E-04	0,50	10	350	26

Diante da memória de cálculo exposta acima, foi definido o seguinte sistema de drenagem interna, composto por:

- Dreno de contato entre o maciço existente e o projetado, partindo do dreno existente do reforço até a elevação 1.200 m, ou seja, ao longo de todo o maciço existente. Todo o dreno será constituído de areia com espessura de 30 cm.

- Apesar da memória de cálculo indicar que 4,9 m de espessura do colchão drenante seria suficiente, em relação às análises de estabilidade e mitigação do modo de falha por liquefação, o prolongamento do dreno de pé, da cota atual em que o mesmo se encontra (EL. 1150 m) se mostrou mais seguro, uma vez que este material não se mostra susceptível a liquefação. Com isso, foi adotado o prolongamento do dreno de pé a partir da EL. 1150 m.

Os desenhos com planta, seções e detalhes do projeto de drenagem interna estão apresentados nos documentos DF19-263-1-EG-DWG-0112 e DF19-263-1-EG-DWG-0113.

11.3.2 Aterro do Sistema Extravasor Atual - Dimensionamento do Dreno Inclinado e Colchao Drenante

O sistema extravasor atual encontra-se na margem direita da estrutura, sendo sua seção transversal no alinhamento junto ao maciço existente apresentada na Figura 11-8. Com o alteamento da Barragem BR para a El. 1210m, será necessária a obstrução do canal existente, uma vez que o extravasor será reposicionado.

Para tanto, será proposta a execução de um núcleo de solo argiloso compactado até a El. 1195,00m, com dreno inclinado e tapete drenante a jusante. Tais medidas são necessárias pois trata-se de uma região com predisposição ao fluxo, em função do canal existente.

O Núcleo foi dimensionado segundo a metodologia indicada por Cruz, 1996.

Segundo o autor, a largura do núcleo de barragens de terra-enrocamento deve respeitar as dimensões mínimas, em metros, seguindo a Equação 11-6, para controlar erosões e propiciar boa compactação.

$$b = 6 + 0{,}2\Delta h \qquad \text{Equação 11-6}$$

Onde Δh é a diferença de carga dos pontos a montante e jusante do plano considerado; e b, a largura do núcleo em qualquer elevação.

Para este projeto, prevendo um futuro alteamento, considerou-se a perda de carga igual a 35 m, obtendo assim uma largura igual 13 m.

A metodologia empregada para o dimensionamento da drenagem interna neste aterro compactado é a mesma apresentada no item 11.3.1.5.

Para a determinação da vazão foi realizada uma análise de percolação por modelagem numérica, considerando a geometria atual do extravasor (1.186,0 m) e possíveis alteamentos futuros até a elevação 1.230m.

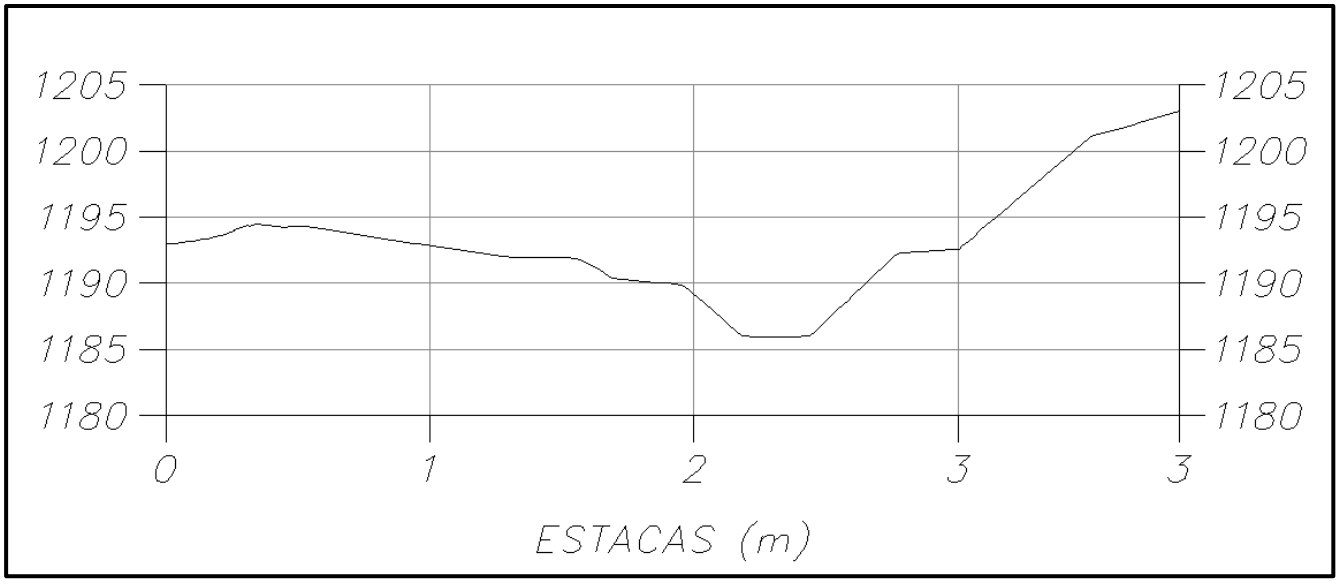


Figura 11-8- Seção transversal do sistema extravasor atual no alinhamento do maciço do alteamento para elevação 1.210,0 m.

A Tabela 11.6 apresenta o resumo da memória de cálculo do Dreno inclinado e do colchão drenante proposto. Inicialmente, considerou-se uma areia com permeabilidade de 1,0E-04 m/s.

Tabela 11.6 – Dimensionamento do colchão drenante horizontal.

Tapete drenante horizontal e Dreno inclinado	q (m³/s/m)	E (m)	Q (m³/s)	Kd (m/s)	i (m)	FS	L (m)	Hf fluxo livre (cm)
Colchão drenante	7,7E-06	56	4,3E-04	5,0E-02	0,06	10	5	27,6
Dreno Inclinado	6,1E-07	56	3,4E-05	1,0E-04	0,67	10	56	9,0

Com isso, a partir da memória de cálculo exposta acima e dos resultados encontrados, propôs-se o seguinte sistema de drenagem:

- Dreno inclinado de 60 cm de espessura até a elevação 1.195,0 m (Figura 11-9);
- Tapete drenante tipo sanduiche com 30 cm de brita 0 e transição em areia com 20 cm de espessura (Figura 11-10);
- Camada de areia de 20 cm de espessura, na elevação 1.195,0 m a montante do Dreno inclinado, com 24 m de largura ao longo da extensão da crista do aterro (Figura 11-9).
- Proteção em enrocamento na saída da drenagem interna com largura de 1 m, altura de 1,70 m e mesma inclinação do aterro compactado (Figura 11-11).

Da Figura 11-9 a Figura 11-11 estão apresentados os detalhes da solução indicada.



Figura 11-9 – Detalhamento do dreno inclinado, camada de areia a montante do mesmo e colchão drenante sanduiche a jusante.

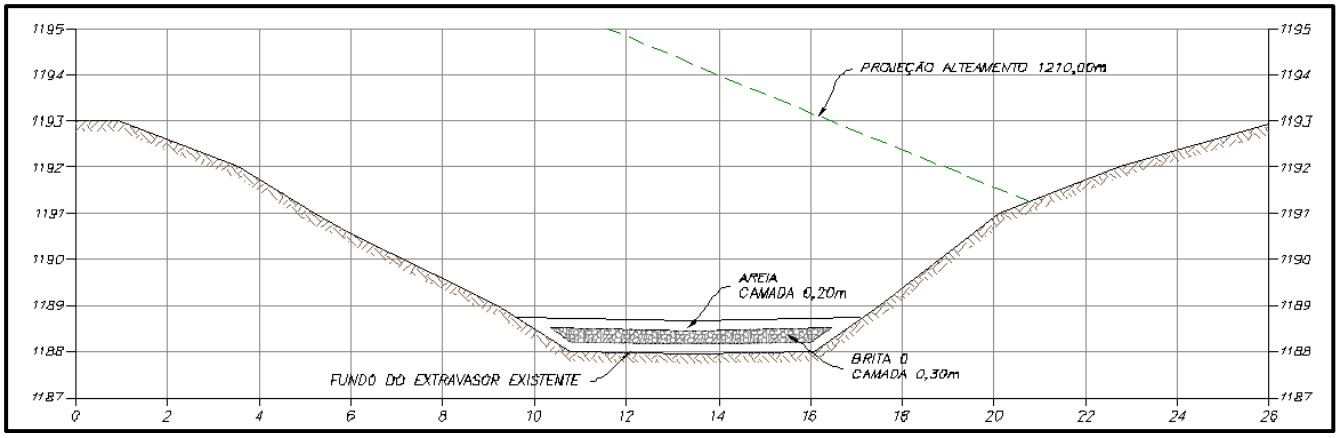


Figura 11-10 – Detalhamento do colchão drenante.

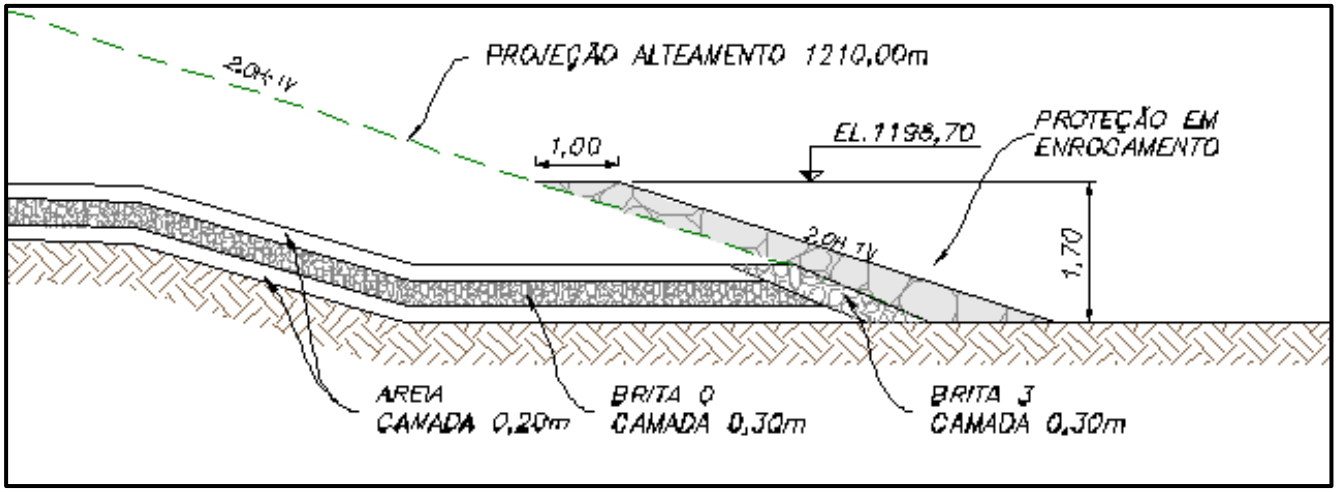


Figura 11-11 – Detalhamento da saída drenagem interna mostrando a camada drenante, as transições e o enrocamento, como dreno de pé.

Os desenhos com planta, seções e detalhes do projeto de drenagem interna do aterro compactado estão apresentados no documento DF19-263-1-EG-DWG-0025.

11.3.3 Prolongamento do Dreno da Ombreira Esquerda

Em 2019, foi executado um dreno na ombreira esquerda com o intuito de eliminar as surgências anteriormente detectadas no local. O projeto foi desenvolvido pela Walm Engenharia, conforme geometria apresentada na Figura 11-12 e atualmente seu eixo atravessa o acesso por meio de uma tubulação, desaguando em ravina natural a jusante da barragem BR, próximo ao pé da barragem BD2.

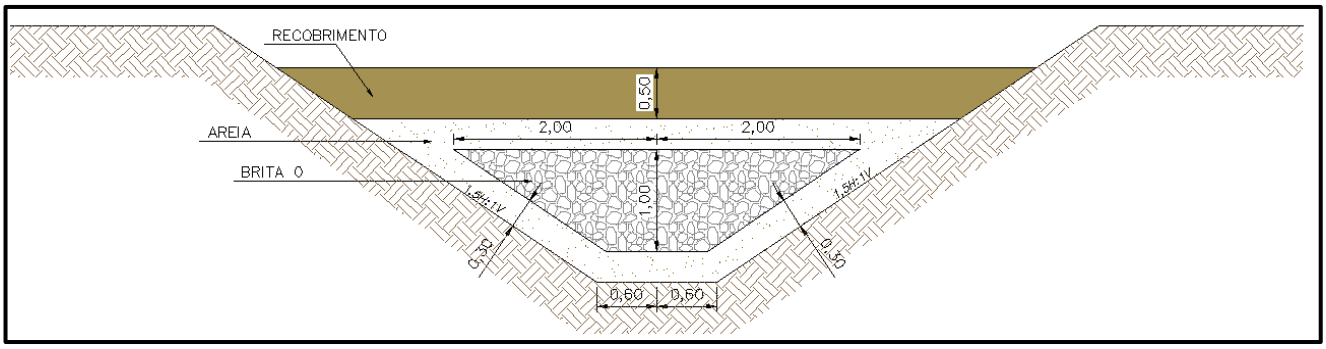


Figura 11-12- Geometria do dreno projetado pela Walm na ombreira esquerda da barragem BR (WBH122-17-MOSC061-DES-0013).

Como parte do projeto em tela, foi proposto a escavação total deste dreno e sua reimplantação de forma a garantir a não interferência com nenhuma estrutura do projeto de alteamento, tais como: canal de ombreira esquerda (COE) e acesso da ombreira esquerda. Com isso, o desaguamento do canal ocorrerá antes do acesso projetado, sendo que a água proveniente do mesmo será coletada pela canaleta, padrão DNIT, do acesso, com direcionamento a jusante da barragem BR. A Figura 11-13 mostra, em planta, o canal projetado.

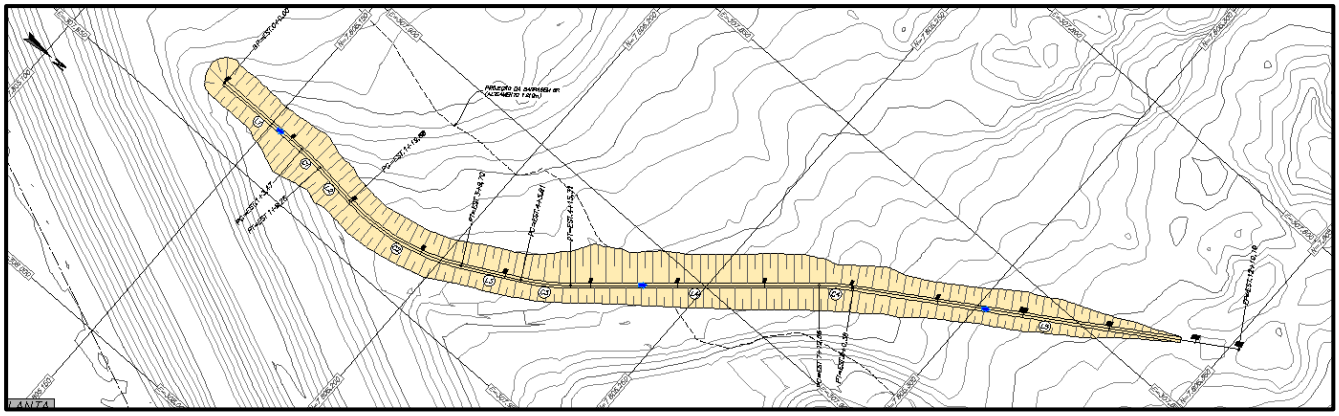


Figura 11-13- Prolongamento do dreno na ombreira esquerda.

11.4 TRANSIÇÕES

O projeto de alteamento da Barragem BR prevê a implantação de uma transição no contato da fundação e do maciço projetado, que terá também a função de dreno de contato. Além disso, prevê transições entre o solo de fundação e o enrocamento do dreno de pé, assim como entre a magnetita e o dreno de pé.

Neste item é apresentado o dimensionamento granulométrico dos materiais que constituirão estas transições.

11.4.1 Transição em Areia, Brita 0 e Brita 3

As transições foram dimensionadas de acordo com os critérios de retenção e permeabilidade apresentados por Terzaghi e Peck (1948), como descrito a seguir:

- Critério de permeabilidade

  $D_{15(Filtro)} > 5\ D_{15\ (material\ a\ ser\ protegido)}$;

- Critério de retenção

  $D_{15(Filtro)} < 5\ D_{85\ (material\ a\ ser\ protegido)}$.

O dimensionamento das transições também foi verificado considerando o critério de uniformidade apresentado por Fell (2005), conforme equação apresentada abaixo.

- Critério de uniformidade:

  $D_{60\ (Filtro)} \leq 6 \times D_{10\ (Filtro)}$

11.4.1.1 Transição 1 – Entre a Magnetita e o Enrocamento

A Tabela 11.8 apresenta as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o enrocamento e o solo de fundação para o projeto de alteamento da Barragem BR. Conforme acordado com a MOSAIC, a faixa granulométrica da magnetita utilizada para o dimensionamento das transições é a mesma que foi utilizada pela Walm no dimensionamento das transições quando da realização do projeto de reforço em 2019, fornecido na especificação técnica de número WBH122-17-MOSC061-ETC-0003.

Com isso, o dimensionamento das transições entre a magnetita e o enrocamento se deu conforme memória de cálculo da Tabela 11.7.

Tabela 11.7 – Faixas granulométricas entre a magnetita e o enrocamento.

FAIXAS GRANULOMETRICAS											
D_N	%	Magnetita Inferior	Magnetita Superior	Areia Inferior	Areia Superior	Brita 0 inferior	Brita 0 superior	Brita 3 inferior	Brita 3 superior	Enrocamento inferior	Enrocamento superior
	0%	0,0010	0,0010	0,3000	0,5000	2,0000	4,0000	18,0000	30,0000	110,00	220,00
D_5	*5%*	0,0100	0,0400	0,3500	0,6000	2,5000	4,3000	19,0000	31,0000	120,00	230,00
D_{10}	*10%*	0,0480	0,0800	0,4000	0,7000	2,8000	4,6000	20,0000	32,0000	130,00	240,00
D_{15}	*15%*	0,0700	0,1200	0,5000	0,8000	3,2500	5,2000	21,0000	34,0000	140,00	250,00
D_{20}	*20%*	0,1000	0,1600	0,6000	1,0000	3,5000	6,0000	24,0000	40,0000	150,00	270,00
D_{30}	*30%*	0,1700	0,2300	0,7000	1,2000	4,0000	7,0000	29,0000	45,0000	160,00	300,00
D_{40}	*40%*	0,2200	0,3200	0,8000	1,5000	4,5000	8,0000	33,0000	50,0000	170,00	330,00
D_{50}	*50%*	0,3000	0,4100	1,0000	1,8000	5,0000	9,0000	38,0000	60,0000	180,00	350,00
D_{60}	*60%*	0,4000	0,5300	1,2000	2,3000	6,0000	10,0000	40,0000	70,0000	200,00	380,00
D_{85}	*85%*	0,8000	1,3000	1,8000	3,1000	7,0000	12,0000	52,0000	80,0000	240,00	420,00
D_{90}	*90%*	1,0000	1,5000	2,0000	3,5000	7,5000	13,0000	55,0000	85,0000	260,00	440,00
D_{95}	*95%*	1,4000	1,8000	2,2000	3,7000	8,0000	14,0000	60,0000	90,0000	280,00	460,00
	100%	2,0000	4,5000	2,5000	4,0000	9,0000	15,0000	70,0000	100,0000	300,00	500,00

A Figura 11-14 exibe as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre a magnetita e o enrocamento.

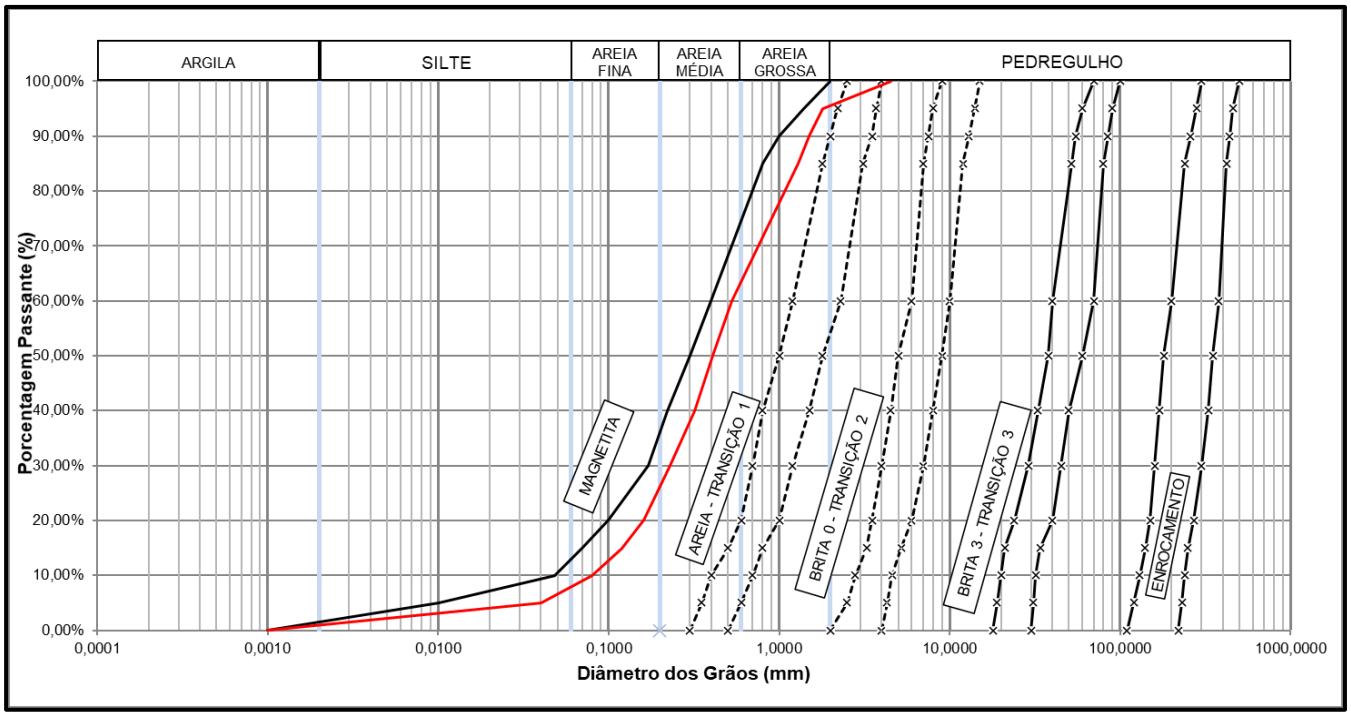


Figura 11-14 - Curvas granulométricas entre a magnetita e o enrocamento.

11.4.1.2 Transição 2 – Entre o enrocamento e o solo de fundação

A Tabela 11.8 apresenta as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o enrocamento e o solo de fundação para o projeto de alteamento da Barragem BR.

Tabela 11.8 – Faixas granulométricas entre a fundação e o enrocamento.

FAIXAS GRANULOMETRICAS											
D_N	%	Fund. Inferior	Fund. Superior	Areia Inferior	Areia Superior	Brita 0 inferior	Brita 0 superior	Brita 3 inferior	Brita 3 superior	Enrocamento inferior	Enrocamento superior
	0%	0,0000	0,0006	0,0600	0,1200	0,6000	1,0500	10,0000	16,5000	85,00	130,00
D_5	5%	0,0001	0,0008	0,0700	0,1300	0,7000	1,1500	11,0000	17,0000	90,00	135,00
D_{10}	10%	0,0002	0,0012	0,0800	0,1400	0,8000	1,2500	12,0000	17,5000	95,00	140,00
D_{15}	15%	0,0003	0,0016	0,0900	0,1500	0,9000	1,3500	13,0000	18,0000	100,00	150,00
D_{20}	20%	0,0004	0,0046	0,1000	0,1700	1,2000	1,8000	15,0000	20,0000	120,00	180,00
D_{30}	30%	0,0005	0,0140	0,1100	0,1800	1,5000	2,2000	17,0000	24,0000	140,00	205,00
D_{40}	40%	0,0021	0,0250	0,1200	0,1900	1,8000	2,7000	20,0000	28,0000	160,00	230,00
D_{50}	50%	0,0080	0,0370	0,1300	0,2000	2,1000	3,2000	23,0000	32,0000	185,00	260,00
D_{60}	60%	0,0190	0,0660	0,1800	0,3000	2,6000	4,0000	26,0000	38,0000	200,00	290,00
D_{85}	85%	0,1000	0,5000	0,2700	0,5500	3,6000	5,0000	30,0000	45,0000	220,00	320,00
D_{90}	90%	0,1500	2,2000	0,3200	0,8000	4,2000	6,0000	35,0000	55,0000	240,00	340,00
D_{95}	95%	0,5000	2,4000	0,4500	0,9000	4,8000	7,0000	40,0000	65,0000	260,00	400,00
	100%	2,4000	11,8000	0,5500	1,0000	5,5000	8,0000	45,0000	75,0000	300,00	500,00

A Figura 11-15 exibe as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o solo de fundação e o enrocamento.

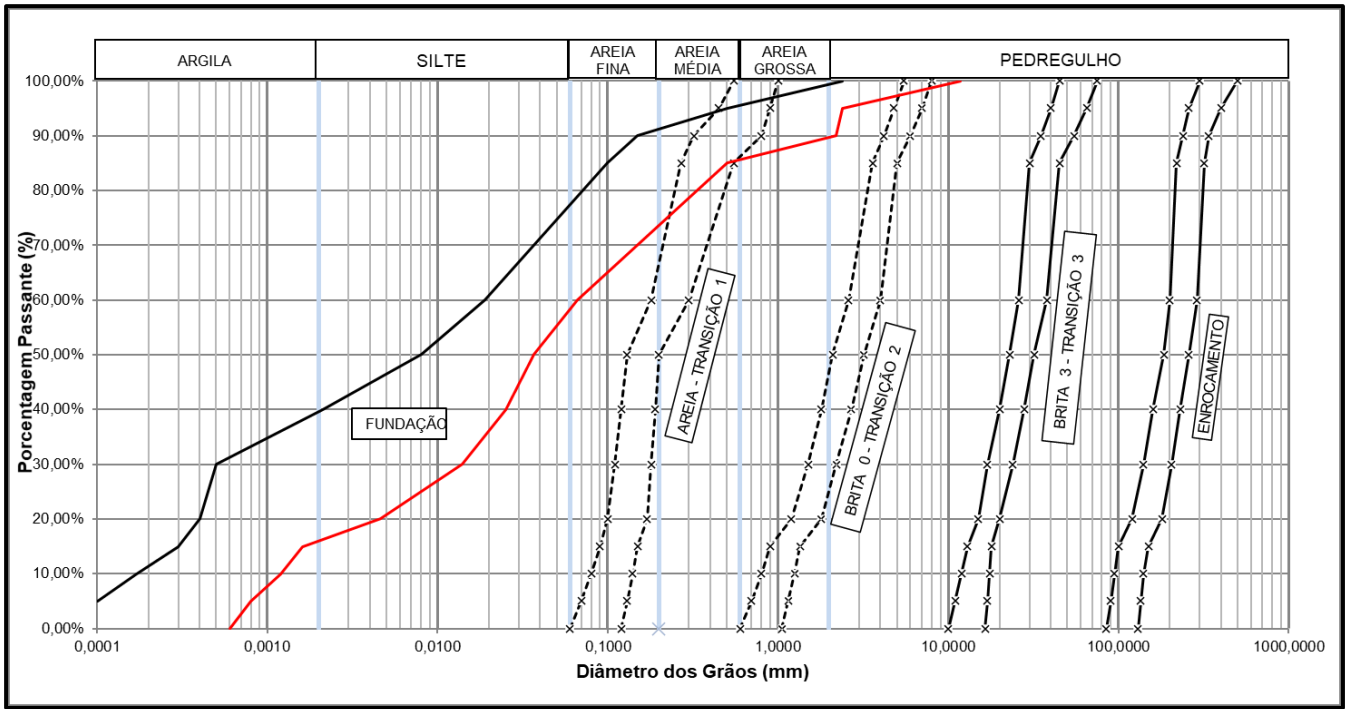


Figura 11-15 - Curvas granulométricas entre a fundação e o enrocamento.

A partir dos resultados obtidos para as transições acima, a DF+ recomenda que no caso da transição em areia seja utilizado a areia grossa, para transição entre a magnetita e o enrocamento, e areia fina a média para transição entre o enrocamento e a fundação.

11.4.2 Transição Entre a Magnetita e o Solo de Fundação

Entre a magnetita e o solo de fundação foi proposto uma transição em areia de espessura igual a 30 cm ao longo de todo o contato da magnetita e a fundação a partir da elevação 1.185,0 m. A Figura 11-16 apresenta um detalhe desta transição. A adoção desta transição foi utilizada como boas práticas de engenharia no sentido de evitar a contaminação da magnetita com o solo de fundação, além de servir como dreno de contato.

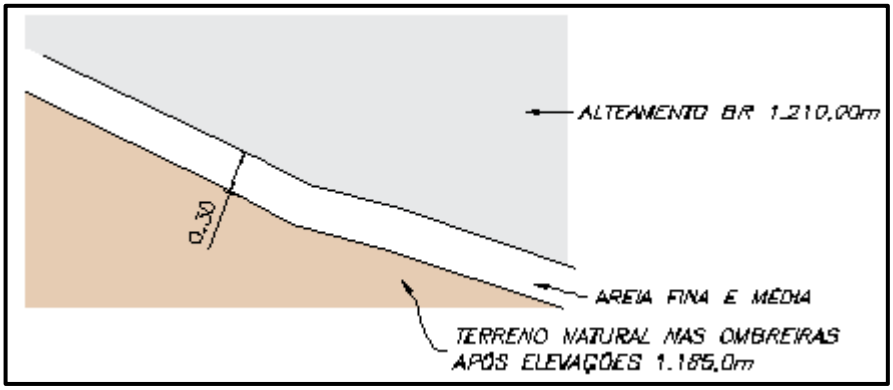


Figura 11-16- Detalhe da transição entre o maciço de magnetita e a fundação.

11.5 INTERFERÊNCIAS

11.5.1 Medidores De Vazão Existente

Atualmente há dois medidores de vazão existentes no pé da barragem. Estes medidores devem ser removidos, quando da execução do reforço.

11.5.2 Canaletas De Drenagem Superficial

Foi identificada canaleta ou tubulação de drenagem superficial na ombreira esquerda juntamente ao alinhamento do acesso. Estas, deverão ser demolidas e removidas antes do início das obras de alteamento.

11.5.3 Sistema de Vídeo Monitoramento

Foi identificado a jusante da barragem BR o sistema de vídeo monitoramento. Recomenda-se o deslocamento deste sistema para outro local, de forma a não atrapalhar o andamento das obras de alteamento, nem mesmo a danificá-lo (Ver documento DF19-263-1-EG-DWG-0068).

11.5.4 Rede Elétrica

Foi identificado à jusante da Barragem BR, rede elétrica que pode atrapalhar as obras de alteamento. Este sistema deve ser deslocado antes do início das obras do alteamento.

11.5.5 Solo Mole - Colúvio

Na campanha de sondagem realizada em 2020 para a execução deste projeto, foi identificado solo mole a jusante da barragem nas sondagens SM01, SM02 e SM03. Na planta de tratamento de fundação (DF19-263-1-EG-DWG-0110) estão identificadas as seções com remoção deste material. Todo solo mole a jusante da barragem deve ser removido, como indicado na planta de escavação, devendo a fundação estar assente sobre solo residual de competência garantida.

Quando das escavações para tratamento de fundação e remoção de solo mole, poderá ser alterado a espessura estimada de remoção (2 m), caso venha a ser identificado trechos de solo mole com espessuras maiores que o previsto neste projeto. Esta alteração deverá ser aprovada pela Mosaic, Projetista e ATO.

11.5.6 Sistema Extravasor Atual

O extravasor atual deve ser desativado e no alinhamento do projeto para elevação 1.210,0 m, deve ser obstruído mediante aterro de solo compactado. Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0025.

A Figura 11-17 apresenta a seção típica do solo compactado na região do extravasor.

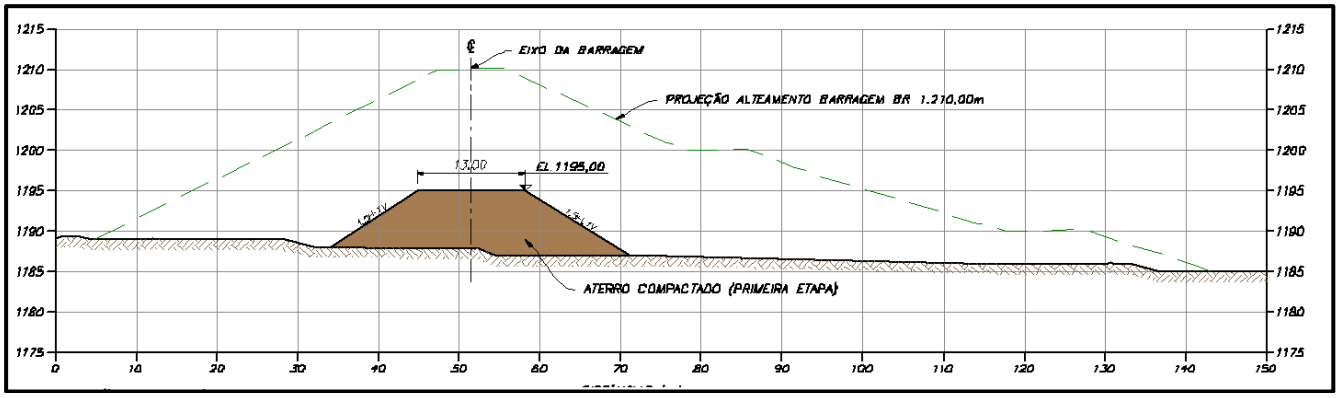


Figura 11-17 – Seção típica de solo compactado no alinhamento do extravasor.

Antes, porém, será necessária a execução da limpeza de fundação, em que foi prevista a retirada de 30 cm de material sob a área de projeto do aterro compactado. Tal espessura deverá ser confirmada em campo pela fiscalização, com o intuito de se certificar quanto à competência do material de fundação.

11.5.7 Marcos Superficiais Existentes

Os marcos superficiais existentes em concreto devem ser demolidos e removidos antes do início do alteamento.

11.5.8 Ensecadeira a Jusante da Barragem

A poucos metros a jusante do pé atual da Barragem BR encontra-se uma ensecadeira que foi construída com o intuito de permitir a execução do reforço da estrutura projetado pela Walm Engenharia, em 2019. Esta foi uma medida necessária pois o reservatório da Barragem BD5, existente à jusante, afogava o pé da Barragem BR. Desde então, o fluxo oriundo da drenagem interna da BR é bombeado para a jusante da ensecadeira, no reservatório da BD5.

Com o advento do projeto de alteamento da BR para a El. 1210 m, no entanto, esta ensecadeira deverá ser removida, para permitir o fluxo livre da drenagem interna considerando o cenário futuro.

Para tanto, será necessário construir outra ensecadeira à jusante, com o intuito de possibilitar a construção do prolongamento do dreno de pé e o alteamento, posteriormente.

O projeto desta nova ensecadeira não foi escopo deste projeto em tela, tendo em vista que uma estrutura desta natureza foi contemplada no projeto executivo WBH122-17-MOSC077-RTE-0003, elaborado pela Walm Engenharia em 2020 e disponibilizado à DF+ pela MOSAIC.

Neste projeto da Walm, que apresenta a ensecadeira posicionada a cerca de 400 m à jusante da Barragem BR, consta inclusive um canal cujo emboque é próximo à saída da drenagem do pé da BR e termina junto à ensecadeira proposta. No entanto, observou-se que a elevação do seu emboque é superior à elevação da saída da drenagem da BR. A Figura 11-18 apresenta a planta com a ensecadeira e o canal projetados.

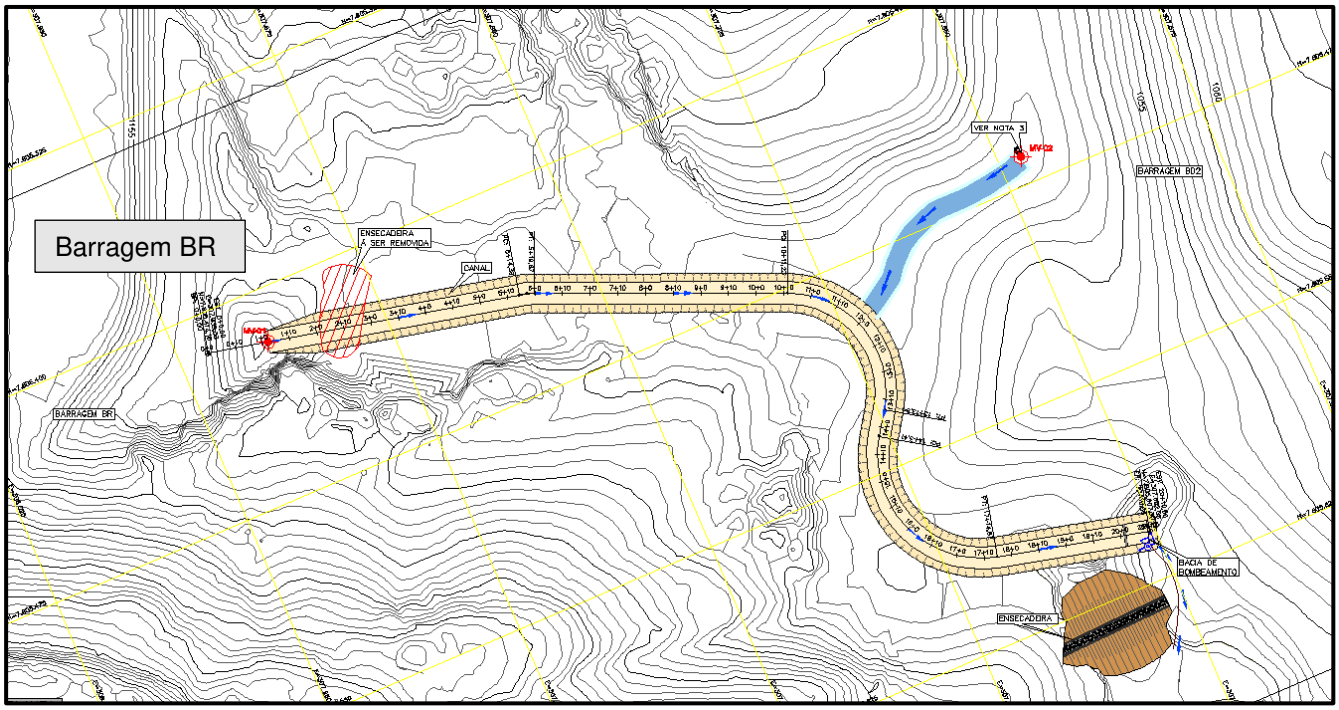


Figura 11-18 – Ensecadeira e canal projetado pela Walm em 2020 (WBH122-17-MOSC077-DES-0018)

Neste sentido, para não comprometer o funcionamento da drenagem interna, a DF+ recomenda a revisão do projeto da Walm, realizando a sua compatibilização com o projeto de alteamento em epígrafe.

É importante também destacar que a ensecadeira proposta deverá ser mantida, enquanto não existirem ações para o rebaixamento efetivo do reservatório da BD5 à jusante e que, além disso, o bombeamento à montante seja contínuo de modo a não afogar o pé da BR. Diante deste cenário, portanto, a DF+ recomenda que as ações para o rebaixamento do reservatório da BD5 sejam priorizadas pela MOSAIC nos próximos meses com vistas a garantir a segurança de todo o sistema.

11.5.9 Base Topográfica – Compatibilização

A base topográfica utilizada é composta por levantamentos topográficos disponibilizados pela MOSAIC através dos arquivos A, B, C e D seguintes e se encontra consolidada no desenho DF19-263-1-TG-DWG-0001.

- A. “Topobatimetria Barragem BR Lago 1 – Agosto 2019.dwg”: Levantamento Topobatimétrico – CCC Topografia – Ago/2019;
- B. “Topobatimetria BR Lago 3 – Agosto 2019.dwg”: Levantamento Topobatimétrico – CCC Topografia – Mar/2019;

- C. “curvas_de_nível_cmt.shp”: Base topográfica disponibilizada pela MOSAIC em outubro/2016 para o estudo de ruptura hipotética, realizado pela VOG (Relatório de número VG17-092-1-EG-RTE-0024).
- D. “LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO – MACIÇO BARRAGEM BR – CMT.dwg”: Levantamento disponibilizado em abril/2020.

A topografia citada na nota C foi deslocada em 32,11 m (E) e 13,44 m (N) para melhor se ajustar aos levantamentos citados nas notas A e B.

Quando da execução das obras, as quantidades de escavação e aterro poderão divergir em função da utilização destas bases. Com isso, a equipe de fiscalização poderá fazer ajustes advindos dos erros que poderão acarretar dessa junção.

A fundação da barragem, em hipótese alguma deverá ser apoiada em aterro já existente. Caso seja encontrado este material, a fiscalização deverá ser informada, cabendo a mesma indicar a remoção do aterro.

11.5.10 Balsa Para Captação de Água Bruta

Com o alteamento da BR e considerando a ampliação da praia de rejeitos, a balsa existente deverá ser deslocada a fim de continuar atendendo a captação de água para alimentação da usina de beneficiamento.

11.5.11 Microssísmica, Torre de Transmissão de Sinal e inclinômetro

Foi informado pela Mosaic que há em implantação no corrente ano algumas interferências, como microssísmica, torre de transmissão de sinal a ser implantada ao lado esquerdo do canal extravasor existente e inclinômetro.

Tais interferências, quando da implantação, devem ser adequadas ao projeto executivo em tela.

11.5.12 Canal Extravasor Projetado – Estabilidade

Uma vez que, para a execução do canal extravasor, será necessário a escavação de um trecho considerável, fez se necessário a análise de estabilidade da seção crítica do mesmo. Para isso, considerou-se a seção escavada de maior altura, estando presente na estaca 10.

A Figura 11-9 apresenta a imagem com a análise de estabilidade da estaca 10, e os parâmetros adotados. Como as sondagens no alinhamento do sistema extravasor são um tanto quanto superficiais, e a sondagem mais profunda evidenciou um solo mais competente a partir de 7 m de profundidade, considerou-se então que os parâmetros do solo até 7 m de profundidade teriam os mesmos parâmetros de fundação utilizados nas análises de estabilidade da fundação da Barragem BR e a partir dessa profundidade considerou-se o solo com um saprolito com os parâmetros apresentados, adotados com base na experiência da contratada.

Pode-se observar, com base nessas considerações, que a seção considerada crítica, alcançou fator de segurança local de 1,56 e global de 2,11.

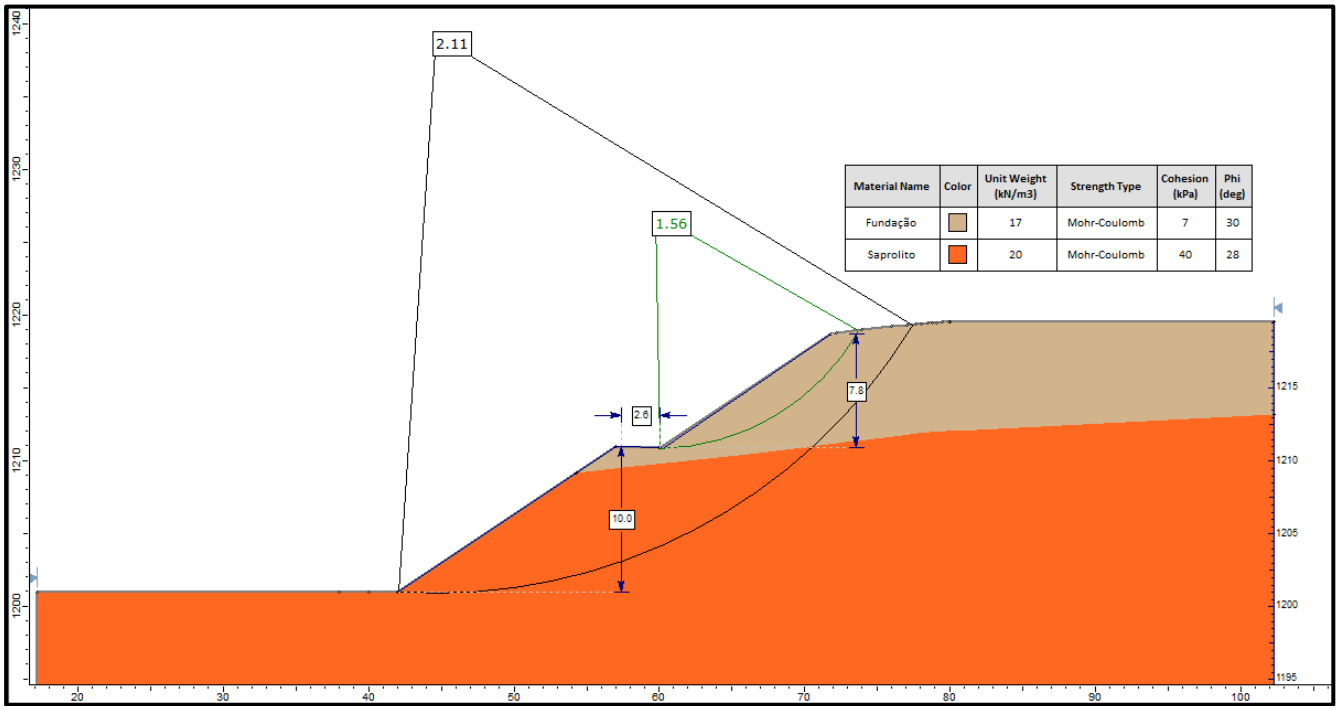


Figura 11-19 – Seção Típica – Estaca 10.

11.6 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO COMPLEMENTAR

Para o alteamento da Barragem BR na elevação 1210 m foi elaborado um plano de instrumentação complementar com o objetivo de garantir o monitoramento da estrutura nesta nova elevação, além de propor adequações aos instrumentos instalados atualmente.

O plano encontra-se apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138 e considerou as seguintes modificações:

- 14 indicadores de nível d'água existentes deverão ser prolongados;
- 3 indicadores de nível d'água existentes deverão ser mantidos;
- 2 indicadores de nível d'água existentes deverão ser desativados;
- 7 indicadores de nível d'água deverão ser instalados;
- 8 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser prolongados;
- 6 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser instalados;
- 1 piezômetro do tipo Casagrande deverá ser desativado;
- 8 marcos superficiais existentes deverão removidos;
- 3 marcos superficiais existentes deverão ser mantidos;
- 12 marcos superficiais deverão ser instalados;
- 2 medidores de vazão existentes deverão ser demolidos;
- 2 medidores de vazão deverão ser instalados;

- 1 régua linimétrica existente deverá ser removida;
- 1 régua linimétrica deverá ser instalada.

Os instrumentos existentes deverão ser mantidos e protegidos durante o período construtivo. Caso sejam danificados, deverá ser realizada uma avaliação da possível instalação de novo instrumento.

11.7 REVESTIMENTO VEGETAL – TOP SOIL

As diretrizes de revegetação abaixo indicadas constituem em medidas favoráveis à manutenção da estabilidade física da Barragem BR, uma vez que a implantação de uma camada de cobertura vegetal nos taludes de jusante fornece proteção contra a erosão superficial do maciço, além de proporcionar substrato mais adequado ao desenvolvimento de espécies vegetais quando comparado ao material de magnetita.

Sobre a camada de cobertura, propõe-se o plantio de espécies herbáceas de rápido crescimento, capazes de proteger o solo contra a erosão e fornecer o aporte de nutrientes necessários ao substrato. A implantação da vegetação deverá ocorrer preferencialmente no início do período chuvoso.

A Barragem BR será toda coberta por top soil na espessura de 30 cm. A Figura 11-20 e Figura 11-21 mostram a planta e detalhe típico desta aplicação, respectivamente. Mais detalhes estão disponíveis no documento DF19-263-1-EG-DWG-0142.

Propõe-se ainda que o material utilizado como limpeza de fundação em solo residual, assim como material proveniente da limpeza no alinhamento do extravasor projetado seja utilizado para este fim, já que contém substâncias nutritivas que favorecem a germinação da hidrossemeadura.

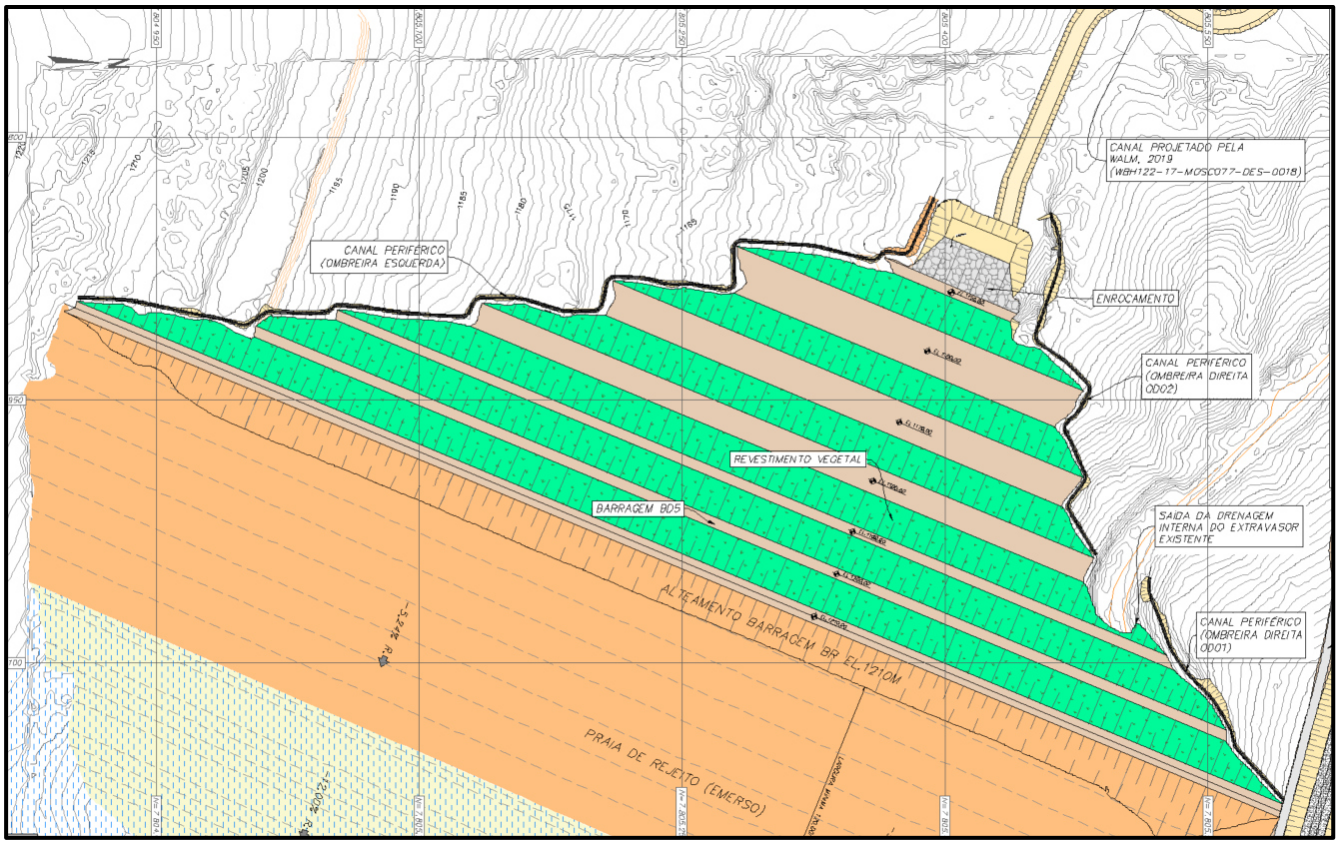


Figura 11-20 – Planta do revestimento vegetal no maciço.

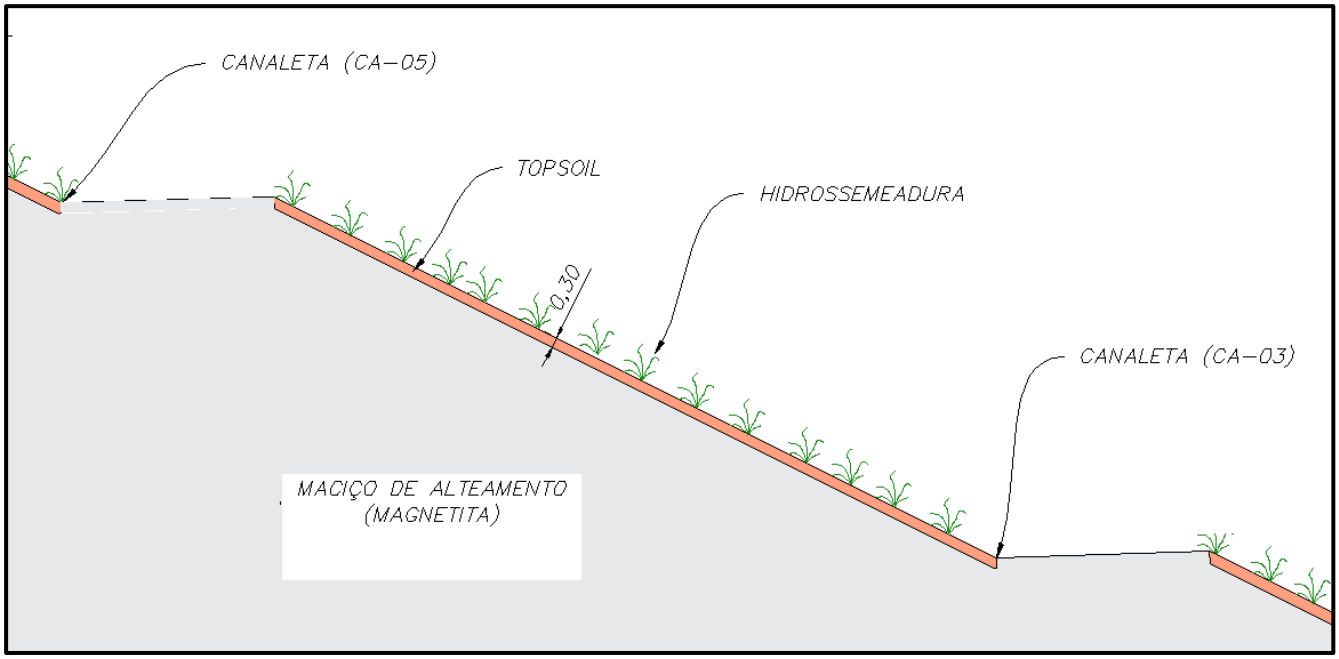


Figura 11-21 – Seção típica do topsoil e a hidrossemeadura projetados.

11.8 MANUTENÇÃO DA PRAIA

O lançamento de rejeitos de flotação para garantia da manutenção da praia deverá começar apenas a construção do maciço de magnetita atingir a elevação 1.200,0m.

A praia de rejeitos deve apresentar uma largura mínima de 120 m (ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0143), definida de acordo com as análises de percolação e estabilidade da estrutura.

O rejeito de flotação poderá ser espigotado a partir da crista da Barragem BR ou poderá ser carregado e lançado manualmente.

Para garantia e manutenção da largura mínima de praia, poderá ser necessário a regularização da praia através de equipamentos. Não há necessidade de compactação deste material.

11.9 ACESSOS

Para garantir acesso de veículos leves em todas as bermas da estrutura, foi proposto a implantação de acessos intermediárias interligados ao acesso pela ombreira esquerda, até próximo do pé da estrutura. Pela ombreira direita foi proposto um acesso a partir da crista e que seja interligado ao acesso existente adjacente na ombreira direita. Para tal fez-se necessário a implantação de uma galeria de concreto sobre o extravasor para manutenção deste acesso.

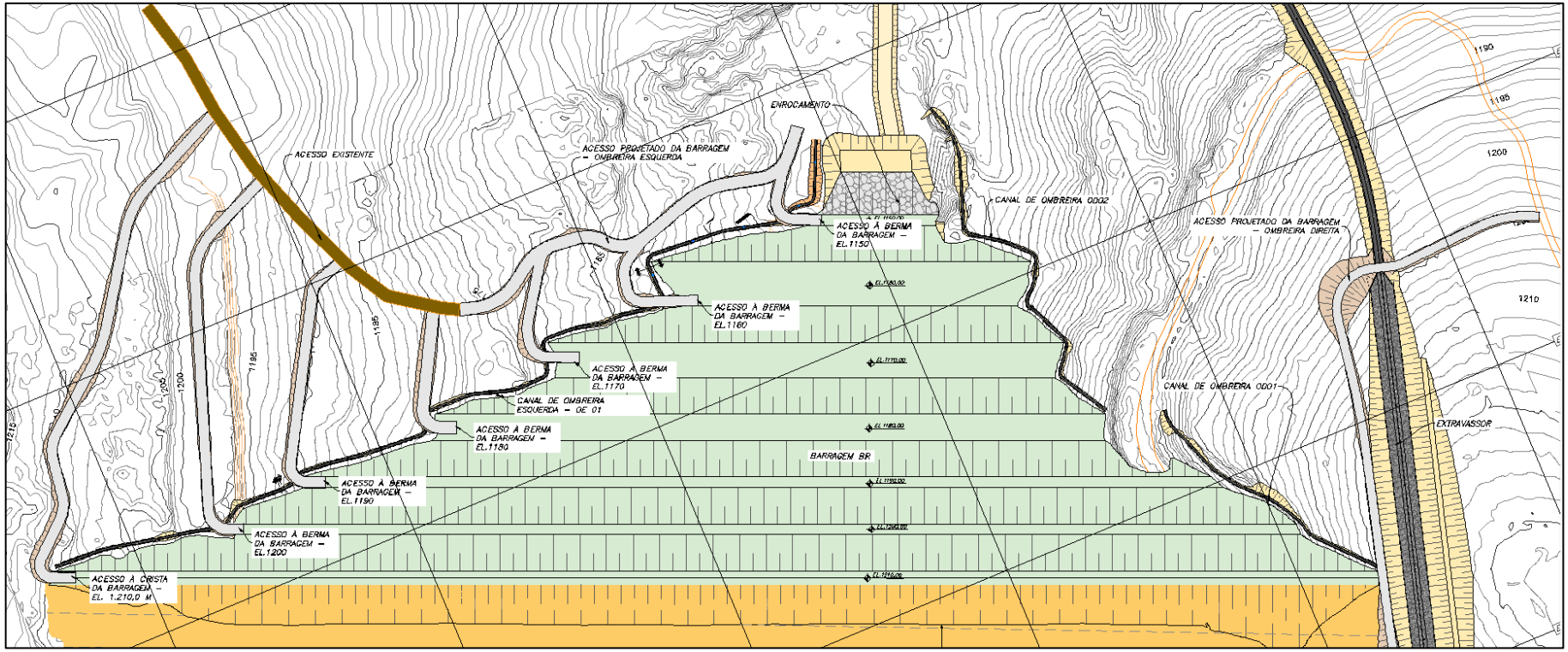


Figura 11-22 – Arranjo Geral dos Acessos

11.10 PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO

O plano de disposição de rejeitos se encontra de forma detalhada no relatório de número DF19-263-1-EG-RTE-0002.

O plano de disposição levou em consideração o dimensionado e implantação de um canal para a condução dos efluentes dos processos da usina para o reservatório (item 11.12), chamado Canal de Lamas. O deságue deste canal se deu no ponto de melhor aproveitamento volumétrico do reservatório como indicado no Projeto Conceitual de Disposição de Rejeitos no reservatório da Barragem BR (DF19-258-1-EG-RTE-0003) e apresentado na Figura 11.23.

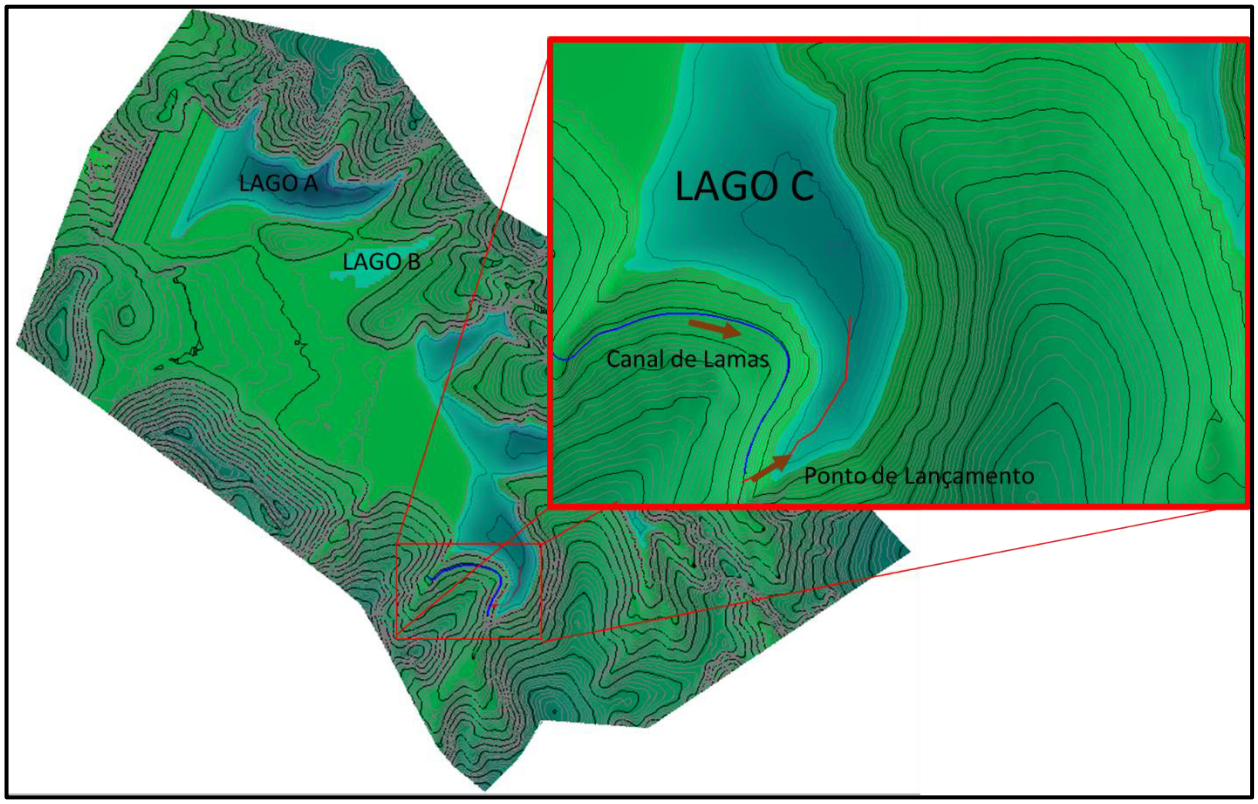


Figura 11.23 – Canal de Lamas (azul) e alinhamento da projeção do rejeito no reservatório (vermelho).

A superfície do rejeito depositado foi projetada a partir do ponto de saída do Canal de Lamas.

Haja visto que o ponto de lançamento encontra-se a montante do reservatório, foi considerada a captação da água para a usina ocorrendo no Lago A, próximo ao maciço, como indicado na Figura 11.24. Este ponto é apresentado nos estudos realizados como “fundo do reservatório”, sendo que o bombeamento indicará falhas todas as vezes que o Nível de Água nessa região não apresentar profundidade suficiente para o funcionamento da bomba.

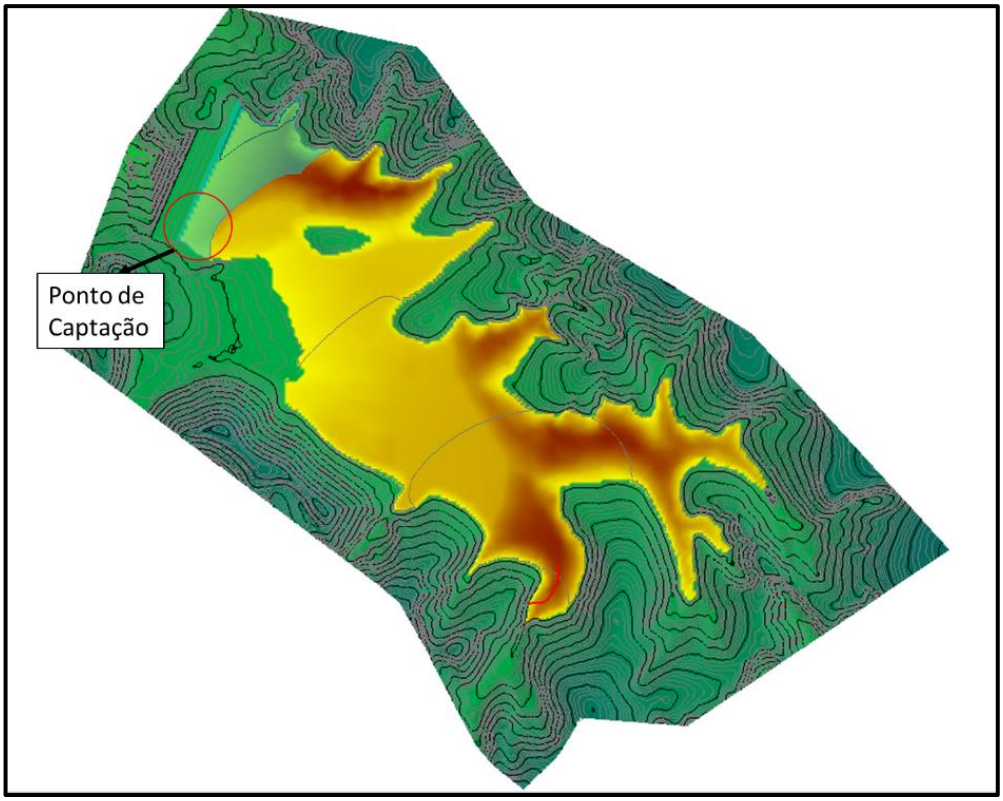


Figura 11.24 – Ponto de captação de água para a Usina com o reservatório já esgotado.

De posse dos resultados, observou-se que o reservatório comporta os 42,36.10^6 m³ de sólidos afluentes ao reservatório ao longo de 12 anos de operação com lançamento de rejeitos (de out-2027 até out-2039). Destes 42,36.10^6 m³, têm-se 38,21.10^6 m³ de rejeitos adensados e 4,15.10^6 m³ de sedimentos provenientes do terreno no entorno da estrutura.

Foram realizadas duas análises de possibilidades de bombeamento de água do reservatório para utilização na Usina, uma no período de pré-operação (2020-2027) e outra no período de operação (2027-2039). O reservatório não apresentou disponibilidade hídrica para o período de pré-operação para a captação constante de 3.000 m³/h. no período de pré-operação, mostrou-se possível a captação constante de 1.000 m³/h, valor obtido por meio de iterações nas simulações.

Com essa configuração de captação de 1.000 m³/h na Barragem BR não se observou o enchimento do reservatório até a elevação da nova soleira ao longo do período de pré-operação, como apresentado na Figura 11.25.

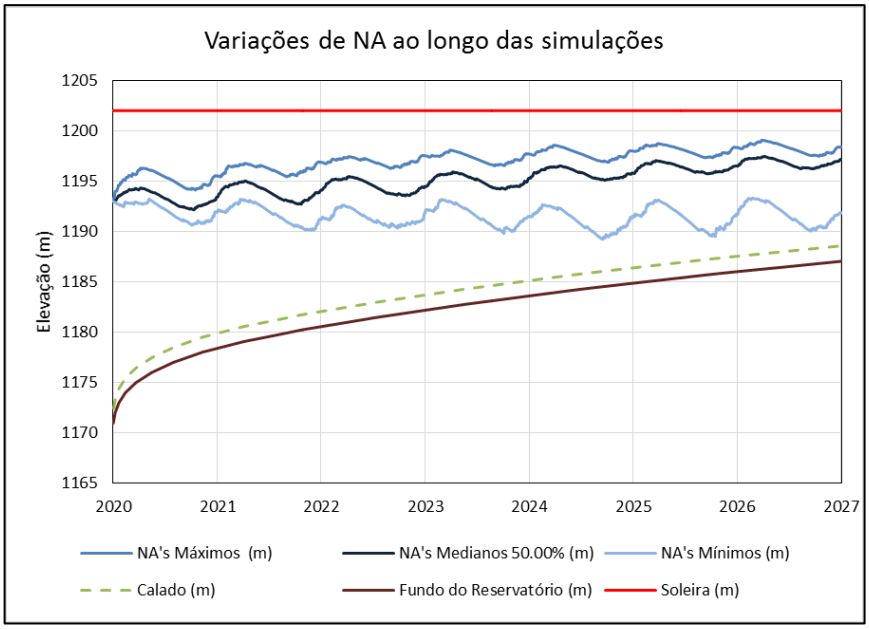


Figura 11.25 – Variações dos níveis ao longo do período de pré-operação da Barragem BR.

Já para o período de operação da barragem para retenção de rejeitos, no qual tem-se uma afluência de água de aproximadamente 9.000 m³/h (78,61x10^6 ton/ano), a captação de 15.000 m³/h constantes, mostrou-se inviável, sendo indicado pela simulação o esvaziamento do reservatório no início da operação. Para a vazão de 9.000 m³/h de captação constante, o reservatório apresentou disponibilidade hídrica, não apresentando problemas na captação da vazão necessária para a Usina.

A variação do nível de água do reservatório observada nas simulações de operação da Barragem BR durante 12 anos de lançamento de rejeitos e captação de água é apresentada na Figura 11.26.

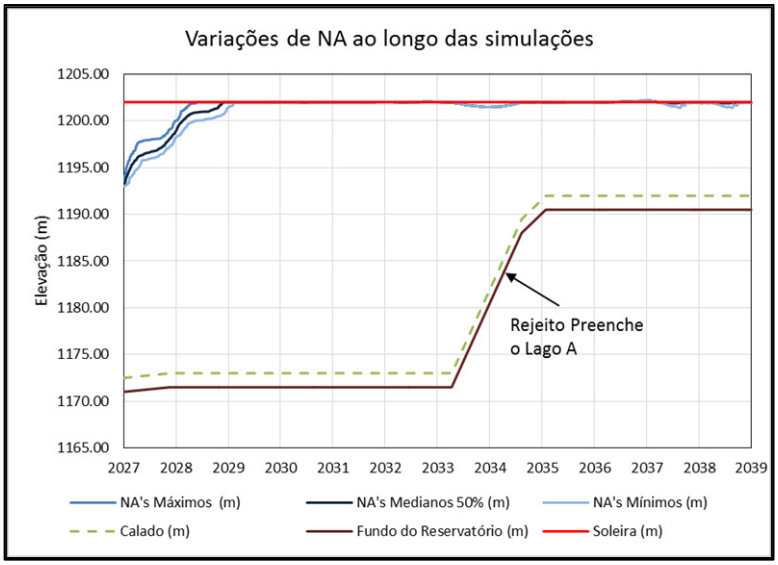


Figura 11.26 – Variação do nível de água da Barragem BR durante o período de operação da mesma.

Observa-se que ao longo do período de pré-operação da barragem, de 2020 até 2027, com uma captação de 1.000 m³/h constante no reservatório, não foi observada a ocorrência de vertimento pelo sistema extravasor, sendo o N.A. máximo observado no período de 1199,08 m.

Já para o período de operação, a partir de 2027, com o lançamento de rejeito no reservatório e com a captação constante de 9.000 m³/h de água, observou-se que são necessários aproximadamente 2 anos até que o N.A. atinja a soleira do sistema extravasor (EL.1202,00 m).

Ressalta-se que não foram exploradas regras de captação com o intuito de alternar a vazão estudada ao longo do tempo, sendo considerada para os estudos supracitados, uma vazão constante.

Os documentos com ocupação do reservatório anual estão apresentados nos desenhos DF19-263-1-EG-DWG-002 a DF19-263-1-EG-DWG-0011.

11.11 SEGURANÇA HIDRÁULICA DURANTE O PERÍODO DE OBRAS

Para garantir a segurança da obra durante a fase de implantação do novo sistema extravasor e do tamponamento do atual, foi realizado um estudo de balanço hídrico (item 11.10) da estrutura para avaliar a segurança hidráulica da mesma, sem a operação de um sistema extravasor durante o período de 2020 a 2027.

Os resultados mostraram a não necessidade de implantação de um sistema de desvio, haja visto que a estrutura possui borda livre suficiente para transitar um ano hidrológico sem a necessidade de operar um sistema extravasor e sem apresentar risco de galgamento para tempos de recorrência decamilenares.

Desta forma a DF+ entende, com o objetivo de garantir uma obra com a menor geração possível de custo, não haver a necessidade da elaboração de um sistema de desvio no trecho em que os dois sistemas extravasores (atual e previsto) coincidem, próximo do reservatório da Barragem BD5.

11.12 CANAL DE LAMAS

O presente item apresenta o dimensionamento do Canal de Lamas da Barragem BR para a elevação 1.210,00 m.

Para a obtenção da vazão de projeto do canal de lamas, utilizou-se dados do documento “Plano_de_produção_CMT_LOM_rev02_ciclo_2019, disponibilizado pela Mosaic em 17 de abril de 2020.

Considerou o ano 2057, o qual terá o maior volume de produção, sendo:

- Volume rejeitos ultrafinos: 1.736.805,00 m³/ano; e
- Volume de polpa de lama: 80.446.230,00 m³/ano.

Para a transformação de unidades, foi considerada 8.252 horas trabalhadas/ano, e de forma conservadora adotou-se uma taxa de segurança de 20%, obtendo uma vazão de 11.951,00 m³/h ou 3,32 m³/s.

Foi somado a vazão de 3,32 m³/s, o valor de 2,84 m³/s, referente a contribuição do terreno natural, o qual, não se tem condições de desviar via talvegue, chegando a uma vazão para o Canal de Lamas de 6,16 m³/s.

O dimensionamento hidráulico do Canal de Lamas adotou a mesma metodologia descrita no item 10.6.3.

Sendo assim, o Canal de Lamas possui uma seção geométrica trapezoidal escavado em solo, sem revestimento, com 3,0 m de base, 1,50 m de altura declividade das paredes de 1H:1V e declividade longitudinal de 0,08%.

A seguir, na Figura 11-27, é apresentado a seção típica do Canal de Lamas.

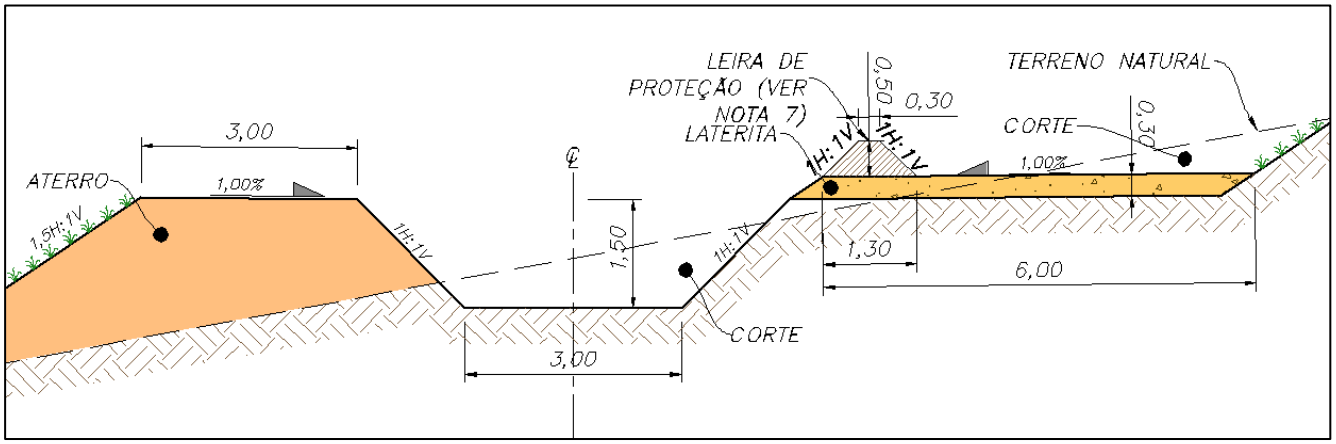


Figura 11-27 – Seção típica do canal de lamas.

O Canal de Lamas, foi projetado em encosta topográfica, que cruza um talvegue natural, contudo, quando ocorrem chuvas, as águas pluviais escoam pela encosta, e concentra-se neste talvegue, em pontos definidos, que serão cortados pelas obras do canal.

Sendo assim, foi proposto um bueiro que irá conduzir essas vazões do talvegue até o reservatório da barragem, conforme apresentado na Figura 11-28 e na Figura 11-29.

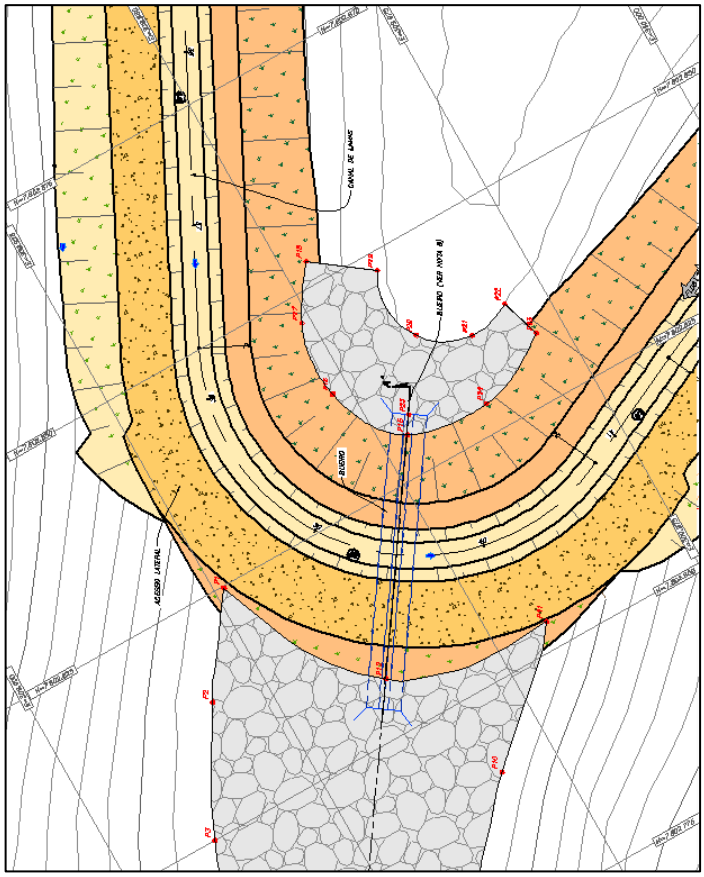


Figura 11-28 – Localização do bueiro.

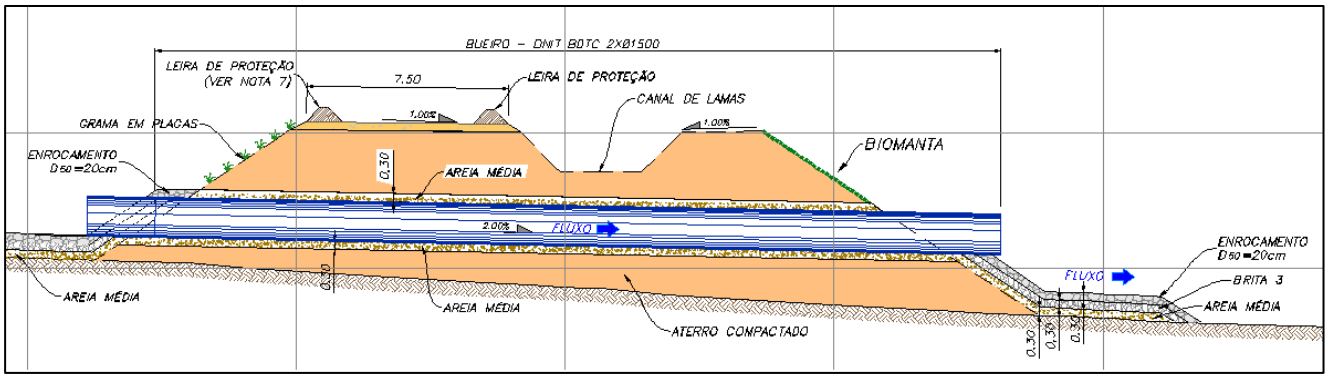


Figura 11-29 – Perfil longitudinal do bueiro.

Para dimensionamento do bueiro proposto, foram adotadas as mesmas metodologias propostas no Item 10.6, a seguir na Tabela 11.9, é apresentada a vazão de projeto, bem como o seu dimensionamento.

Tabela 11.9 - Síntese do cálculo das vazões de projeto.

Área de Drenagem (km²)	Tempo de concentração (min)	TR (anos)	C ponderado	Vazão (m³/s)	D (m)	Velocidade (m/s)	Profundidade (m)
0,373	5,0	500	0,25	5,25	2x1,50	4,30	0,84

Ressalta-se que o bueiro deverá possuir declividade longitudinal de implantação de 2,0%.

A seguir na Figura 11-30 é apresentada uma seção típica do bueiro.

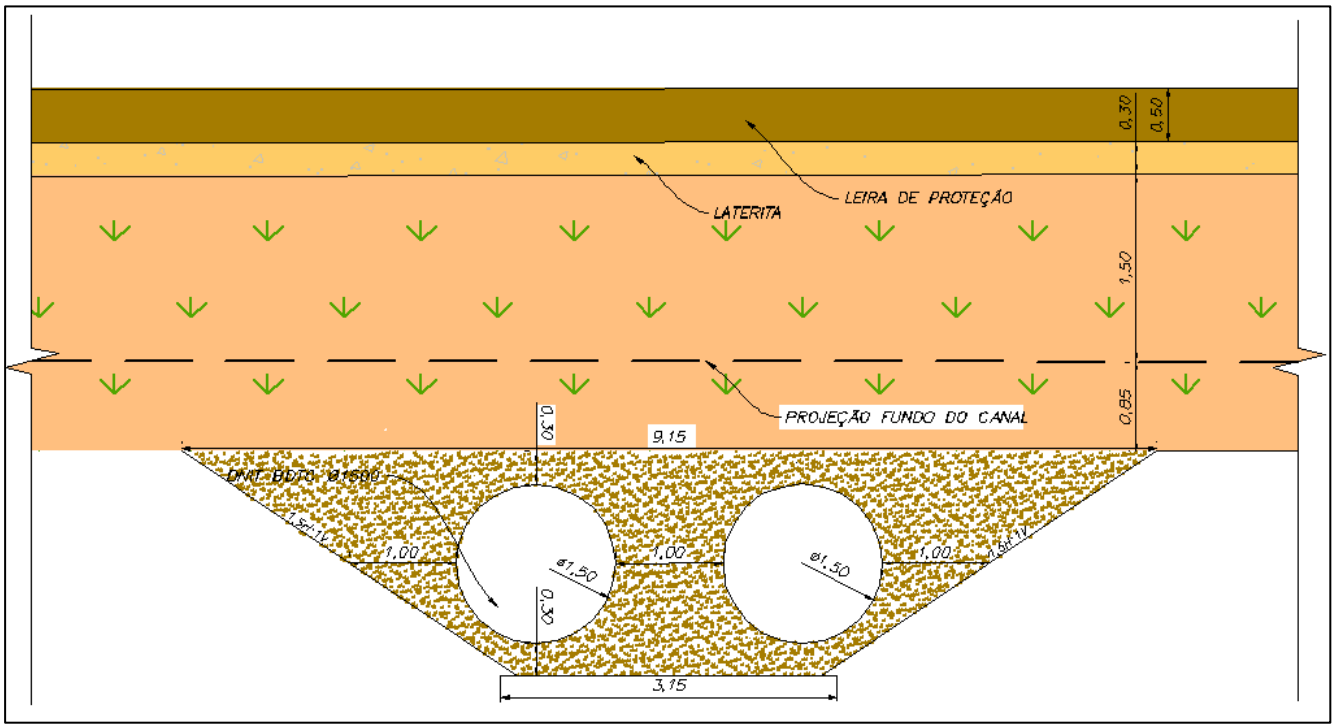


Figura 11-30 – Seção típica do bueiro.

Os desenhos do número DF19-263-1-EG-DWG-0074 ao DF19-263-1-EG-DWG-0093 apresentam a planta e seções típicas do canal de lamas.

11.12.1 Drenagem de Fundo

A drenagem de fundo do canal de lamas, no trecho em concreto armado foi concebida com um colchão drenante de areia de 30cm abaixo da estrutura de concreto, com o objetivo de equalizar eventuais subpressões em sua base, além de uma vala central drenante abaixo do colchão. Esta vala deverá ser constituída por tubo perfurado com diâmetro nominal de 80 mm, envolto por areia.

Essa consideração foi realizada apenas da estaca 73 + 18 até a estaca 75 + 5,5. A partir desta última, foi considerado no dimensionamento estrutural a existência de subpressões. A Figura 11-31 apresenta a imagem da planta da drenagem seguindo a configuração proposta.

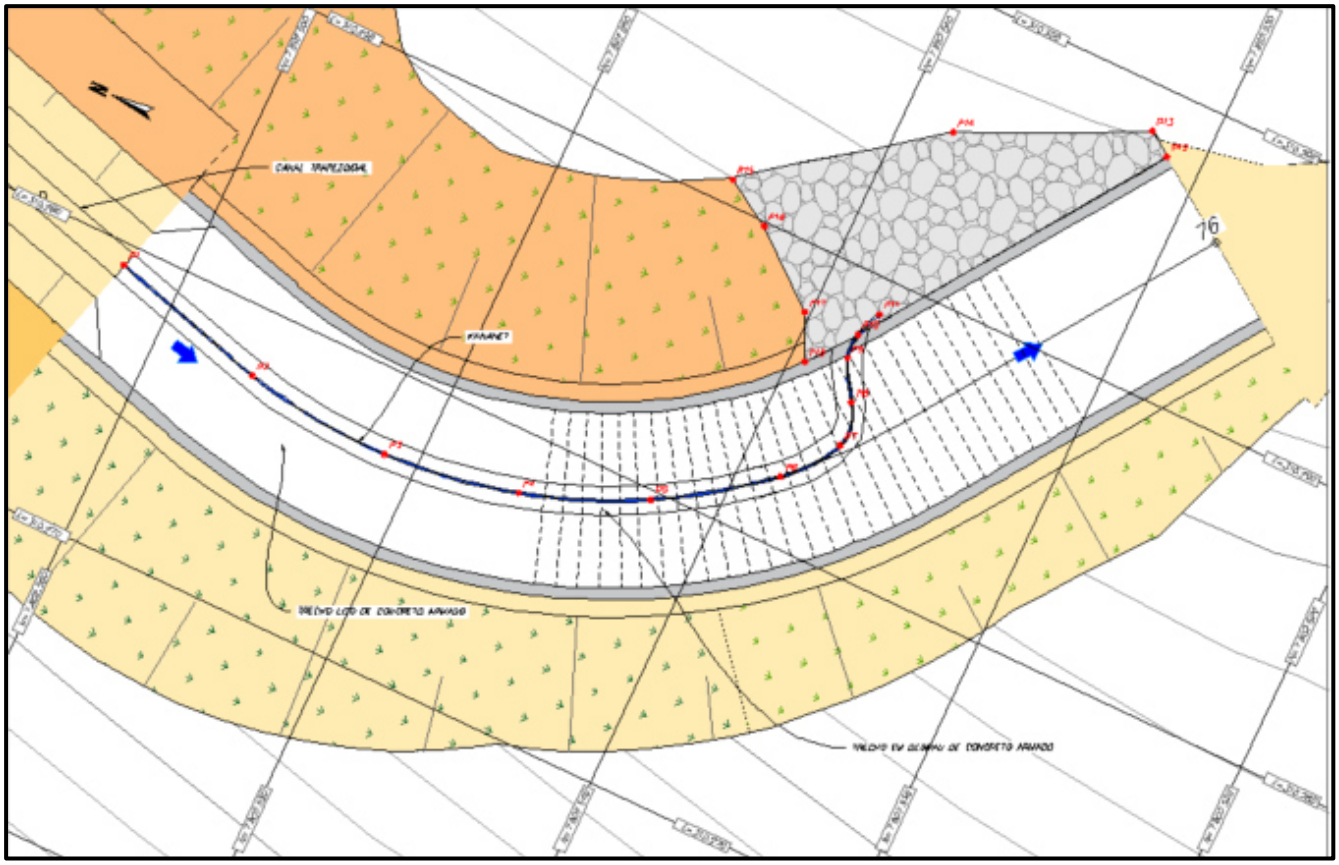


Figura 11-31 – Planta da drenagem sob o canal em concreto.

O dimensionamento da drenagem de fundo foi realizado através de simulação de percolação em elementos finitos e em regime permanente no software Slide 2018, da Rocscience, como descrito a seguir.

11.12.1.2 Modelo de Percolação

O dimensionamento da vazão foi realizado a partir do modelo de percolação apresentado na Figura 11-32. O modelo representou metade do canal devido à simetria.

O resultado da simulação realizada apresentado na Figura 11-32 indicou uma vazão específica (q – por metro linear de canal) que flui para o dreno central sob o canal da ordem de 7,79 x10^{-4} l/s/m. Considerando a simetria do modelo, a vazão específica considerada em projeto foi de 1,56 x10^{-3} l/s/m.

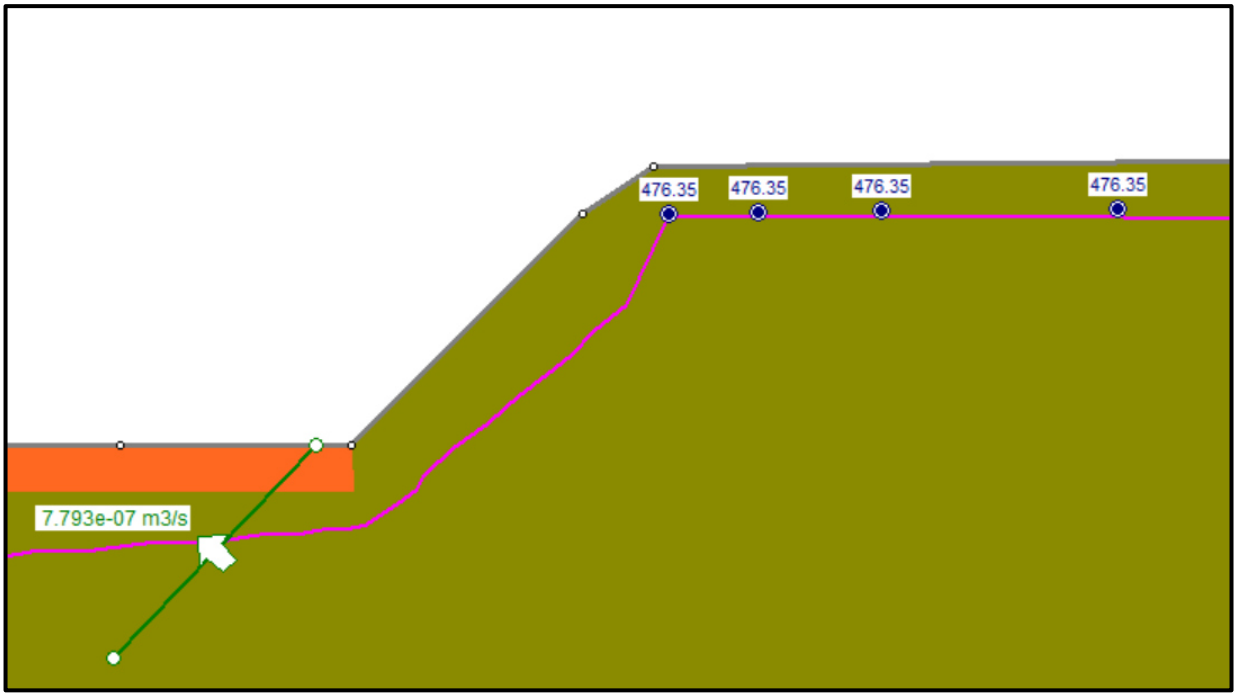


Figura 11-32 – Resultado da simulação de fluxo.

11.12.1.3 Dimensionamento do Tubo Dreno

Tendo em vista o a vazão específica de projeto (q), determinada a partir da simulação, a vazão do sistema (Q) foi determinada com base na extensão (L) do canal rápido, que é da ordem de 600 metros. O cálculo realizado é apresentado abaixo.

Q (l/s) = q (l/s/m) x L (m)
Q = 1,56 x10^{-3} x 50
Q = 0,078 l/s

De acordo com as recomendações para dimensionamento de sistemas de drenagem, os dispositivos hidráulicos devem ser dimensionados com fatores de segurança entre 10 e 40. Tendo em vista a vazão Q determinada, o dispositivo de drenagem então deverá possuir capacidade drenante entre 1,0 e 3,12 l/s.

Considerando uma declividade da ordem de 1%, menor declive do trecho inicial concretado, para o canal lamas a ser implantado, e consultando o catálogo comercial de tubos perfurados do tipo *Kananet*, o diâmetro nominal determinado foi de 80 mm (DN 80).

11.12.2 Análise de Estabilidade - Escavações

Com o intuito avaliar a seção de maior altura a ser escavada para implantação do canal de lamas, em termos de análise de estabilidade durante e após o período construtivo, este item tem o objetivo de apresentar o resultado de tal análise. A seção considerada como crítica corresponde a da estaca 73+0. Para os parâmetros utilizados na análise de estabilidade e posição da linha freática, utilizou-se da experiência da contratada e de imagens de satélite,

uma vez que não foram realizadas nenhuma sondagem, além de nenhum tipo de instrumentação no trecho do alinhamento do canal.

Pode se observar, pela Figura 11-33, que o fator de segurança obtido corresponde a 1,43 global e 1,53, local. Estes resultados são superiores aos mínimos indicados pela NBR 11682 (2009) que indica fator de segurança igual a 1,4 quando se considera o nível de segurança contra danos a vidas humanas, baixo, e o nível de segurança contra danos materiais e ambientais, Alto.

Além disso, a Figura 11-34 apresenta a análise de estabilidade do talude em sua condição atual. Pode se observar que o valor de FS obtido sem interferência do canal (FS igual a 1,44) é próximo ao valor obtido após execução do mesmo (FS igual a 1,41), concluindo que a execução do canal não interfere de forma significativa na estabilidade da encosta.

Cabe enfatizar aqui que a execução do acesso no lado direito do canal, sentido emboque x desemboque, se deu com o objetivo de melhor estabilização da encosta, além da diminuição da quantidade de aterro e ainda com o objetivo de utilizar o material de corte como aterro na região de conformação do canal com aterro compactado.

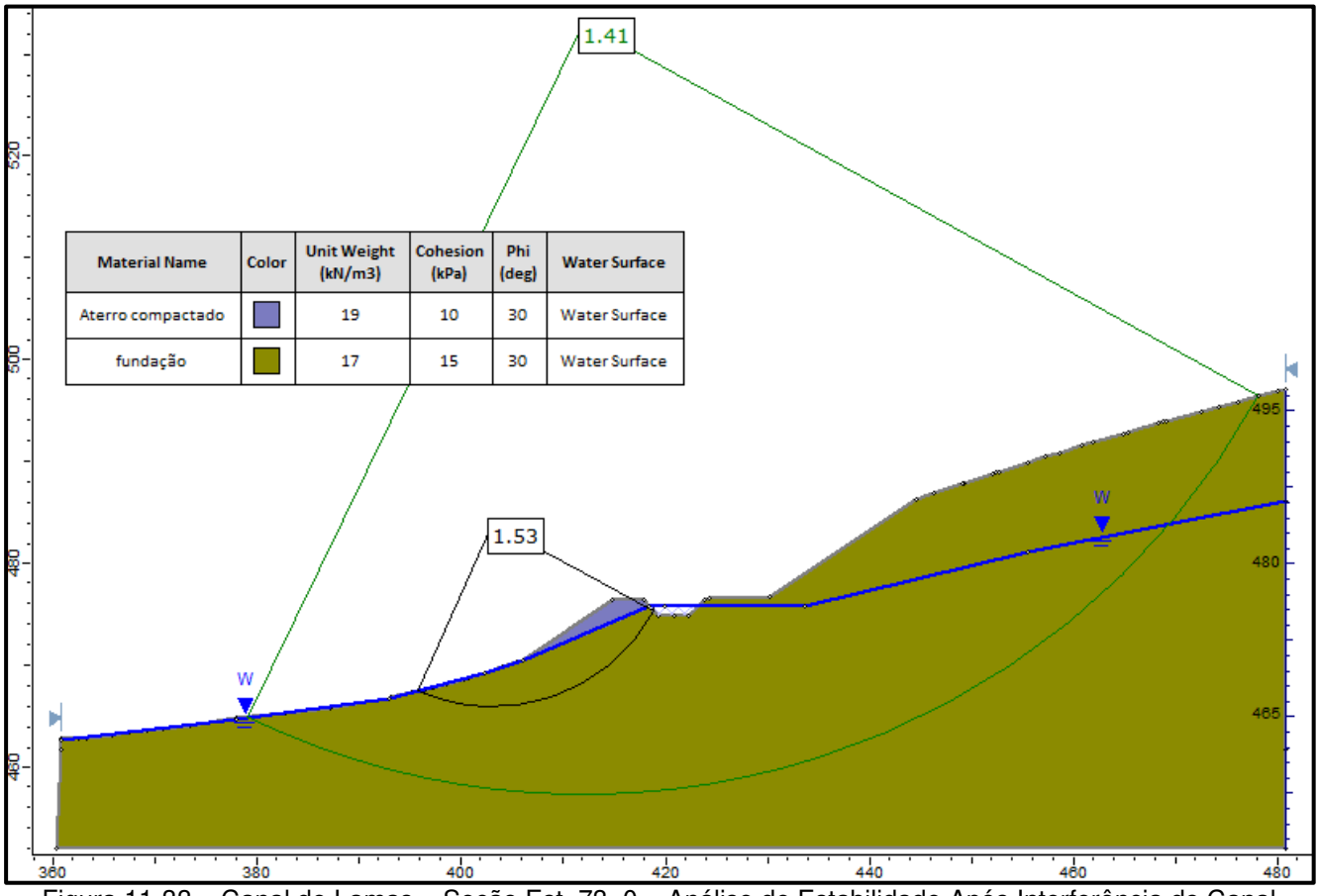


Figura 11-33 – Canal de Lamas – Seção Est. 73+0 – Análise de Estabilidade Após Interferência do Canal

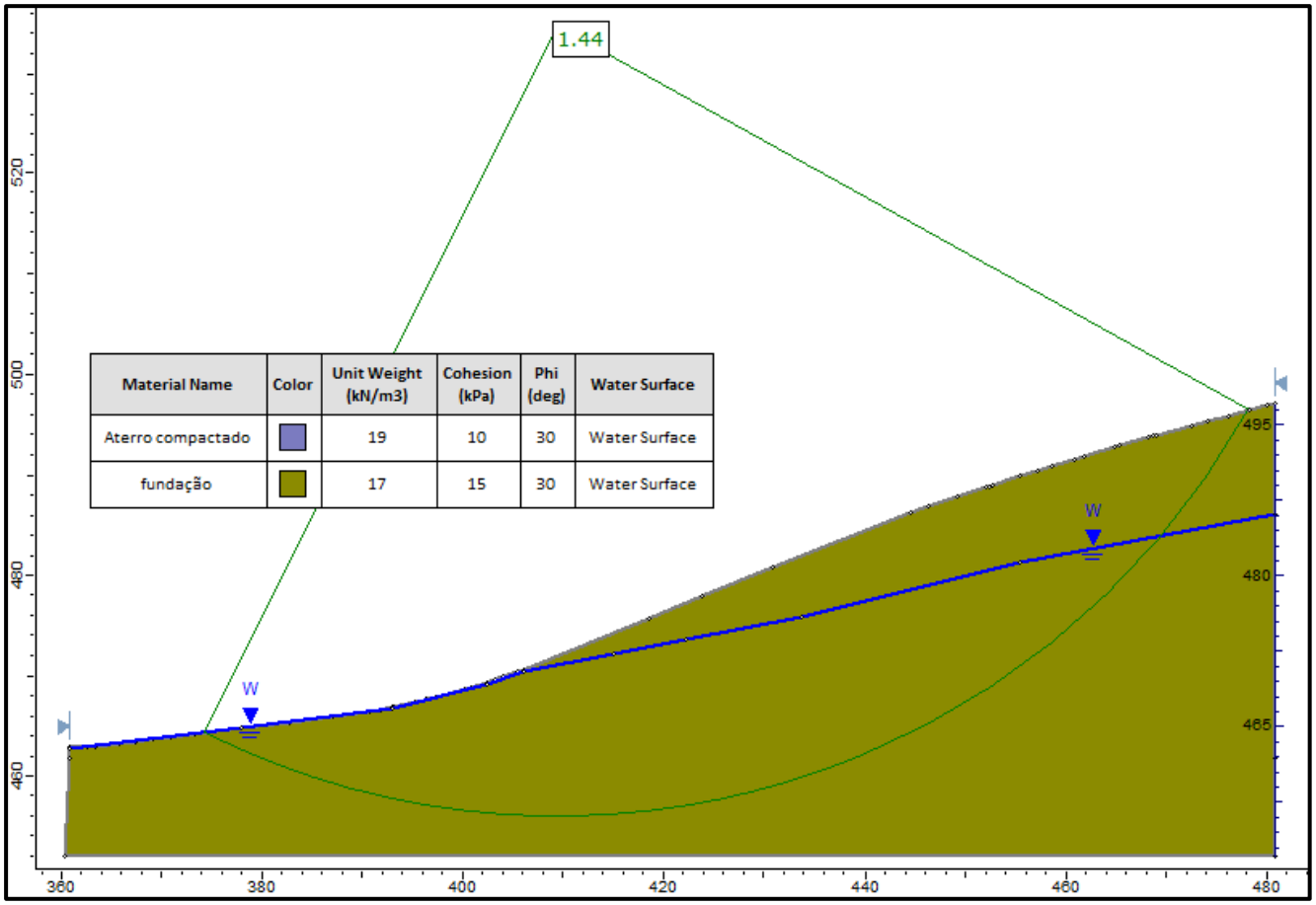


Figura 11-34 – Canal de Lamas – Seção Est. 73+0 – Análise de Estabilidade na Condição Sem Interferência do Canal

11.13 SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA

A sequência construtiva proposta para a obra de alteamento da Barragem BR para a elevação 1210 m consiste em 8 etapas, sendo apresentadas a seguir:

1ª Etapa

1. Montagem do canteiro de obras;
2. Execução da ensecadeira a jusante da Barragem BR;
3. Instalação do sistema de bombeamento próximo à nova ensecadeira;
4. Escavação Dreno Ombreira Esquerda;
5. Implantação do Dreno Ombreira Esquerda;

2ª Etapa

1. Implantação do Canal a jusante da Barragem BR até a Ensecadeira;
2. Realocação da estação de video-monitoramento;
3. Demolição dos postes elétricos;

4. Demolição dos medidores de vazão existentes;
5. Remoção do sistema de bombeamento atual;
6. Implantação do acesso da Ombreira Esquerda;
7. Escavação e remoção da ensecadeira atual;
8. Escavação próximo ao pé da Barragem BR até a EL. 1138,0m (Tratamento de Fundação);
9. Limpeza Superficial e Supressão Vegetal na região das Ombreiras e no maciço;
10. Implantação do medidor de vazão e conexão com o canal a jusante da Barragem BR;

3ª Etapa

1. Lançamento e espalhamento das transições sob o enrocamento de pé;
2. Prolongamento do enrocamento de pé (agulhamento / lançamento e espalhamento convencional);
3. Limpeza e escavação para implantação do sistema extravasor, sentido de jusante para montante, da estaca 24 até a estaca 0;
4. Execução do canal extravasor, da estaca 24 até a estaca 0.

4ª Etapa

1. Lançamento e espalhamento das transições sobre o enrocamento de pé;
2. Lançamento e Espalhamento da camada de transição (areia – espessura 30cm) sobre o maciço atual, em concomitante à execução do Aterro de Magnetita;
3. Lançamento e Espalhamento do tapete drenante (areia – espessura 50cm) sobre o contato com as ombreiras até a EL. 1185,00m, concomitante à execução do Aterro de Magnetita;
4. Lançamento e Espalhamento do tapete drenante (areia – espessura 30 cm) sobre o contato com as ombreiras a partir da EL. 1185,00m, concomitante à execução do Aterro de Magnetita;
5. Adequação/Remoção dos Instrumentos existentes;
6. Espalhamento e compactação do Aterro de Rejeito de Magnetita até a EL. 1195m;

5ª Etapa

1. Limpeza superficial na região do sistema extravasor atual onde o maciço de solo compactado será implantado;
2. Espalhamento e compactação do Aterro de Solo Compactado na região do Extravasor Atual;
3. Espalhamento e compactação do Tapete Drenante do Aterro de Solo Compactado na região do Extravasor Atual;
4. Execução dos canais de ombreira direita (OD 01 e OD 02) e esquerda (OD 01) até a elevação 1.195,0 m.
5. Implantação dos acessos às bermas até a EL. 1195 m;

6. Implantação da drenagem dos acessos até a EL. 1195 m.
7. Implantação das Canaletas de Berma até a EL. 1195m.

6ª Etapa

1. Limpeza e escavação do canal extravasor, estaca 34 até a estaca 24.
2. Execução do canal extravasor, estaca 34 até a estaca 24.
3. Reaterro lateral compactado do Canal Rápido, Galeria de Concreto e Trecho em Alas;
4. Lançamento do Concreto Projetado e finalização do trecho do Canal Escavado do Sistema Extravasor;
5. Espalhamento e compactação do Aterro de Rejeito de Magnetita a partir da EL. 1195m até a EL. 1210m;
6. Espigotamento de Rejeito de Flotação para manutenção e alteamento da praia de rejeitos quando o Aterro de Rejeito de Magnetita estiver na EL. 1210m.

7ª Etapa

1. Execução dos canais da Ombreira direita (OD 01) e Esquerda (OD 01) até a elevação 1.210,0 m.
2. Implantação do Acesso à Ombreira Direita;
3. Execução das Sarjetas padrão Dnit ao longo do acesso da Ombreira Direita e Berma do Sistema Extravasor;
4. Implantação dos acessos às Bermas da ombreira esquerda até a El. 1210,0 m;
5. Execução de drenagem nos acessos da ombreira esquerda até a EL. 1210,0 m;
6. Execução de canaleta de berma na EL. 1210,0 m.
7. Coroamento e regularização da Crista na EL. 1210m.

8ª Etapa

1. Execução de novos instrumentos;
2. Lançamento e Espalhamento de Top Soil sobre o Maciço;
3. Instalação do Revestimento Vegetal com hidrossemeadura;
4. Escavação para implantação do canal de lamas;
5. Execução do bueiro e bacia em enrocamento no canal de lamas;
6. Execução do revestimento vegetal no canal de lamas (grama em placas e biomanta);
7. Desmobilização do Canteiro de Obras.

Importante destacar que as etapas aqui apresentadas não são sequenciais, e poderão, caso seja possível, serem executadas de forma concomitante.

11.14 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

O documento nº DF19-263-1-EG-ETC-0002 apresenta as especificações técnicas construtivas para os materiais e os serviços necessários à execução das obras de alteamento da Barragem BR.

11.15 QUANTITATIVOS

A planilha de quantidades encontra-se no documento DF19-263-1-EG-PLA-0002.

12.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos foi contratada pela MOSAIC Fertilizantes para elaborar o Projeto Detalhado de alteamento da Barragem BR, para a elevação 1210,0 m.

O projeto foi elaborado levando em consideração a mitigação do modo de falha por liquefação, além de ser executado utilizando o método de linha de centro, com a utilização de rejeito de magnetita compactada com controle para o material do maciço, e o espigotamento de rejeito de flotação para controle e manutenção da praia.

A geometria proposta atendeu aos fatores normativos preconizados pela NBR 13.028:2017 em relação à estabilidade da estrutura em todas as 6 seções analisadas (A-A', B-B', C-C', D-D', E-E' e F-F'), além de atender também o fator de segurança mínimo recomendado pelo Termo de Referência SEMAD/FEAM 2.784 de 21 de março de 2019 para descaracterização de barragens alteadas pelo método de montante, à título de comparação. O projeto também atende à solicitação da Mosaic em garantir que as análises de estabilidade, considerando a mobilização de resistência liquefeita, atingissem fatores de segurança mínimos de 1,25. A DF+ entende que esta solicitação da Mosaic visa apenas a aumentar o grau de segurança da estrutura em tela, sendo considerada uma medida válida de boas práticas de engenharia e também no intuito de mitigar o modo de falha de liquefação.

O sistema extravasor foi dimensionado para transitar cheias decamilenares e possui um trecho em seção trapezoidal escavada, com revestimento em concreto projetado e um trecho em concreto armado em seção retangular (canal rápido). Ademais, foi previsto a implantação de uma bacia de dissipação em concreto armado e um trecho com enrocamento apenas. Para garantia e manutenção do acesso à ombreira direita, foi proposto a implantação de uma galeria em concreto armado.

Com o intuito de melhorar as condições da estrutura, foi elaborado um sistema de drenagem superficial composto por: canaletas de bermas em concreto armado moldado "in loco", que direcionam todo o fluxo para os canais de ombreiras, de seções retangulares e de concreto armado moldado "in loco". O objetivo destes dispositivos é de evitar processos erosivos superficiais e o acúmulo de água nas bermas, eventos estes que ocorrem ocasionalmente nos períodos chuvosos.

Foi proposto a implantação de acessos em ambas as ombreiras, com greides que apresentem declividades máximas de 14%, definido em comum acordo com a Mosaic. Face a ausência de cadastro dos acessos atuais, a conexão com os acessos do projeto deverá ser realizada em campo, quando da implantação das obras. Além disso, foi proposto também a implantação de acessos às bermas na ombreira esquerda, com o intuito de facilitar a manutenção e inspeção das estruturas da barragem.

Para garantir a exequibilidade do projeto de alteamento, o projeto de uma ensecadeira a jusante, em nível detalhado, já realizado pela WALM (WBH122-17-MOSC077-RTE-0003), deverá ser compatibilizada com o projeto de alteamento da BR, uma vez que o emboque do canal projetado se encontra acima da elevação da saída da drenagem interna da BR. A DF+

não recomenda a execução do projeto de alteamento da BR sem que essa compatibilização ocorra.

Além disso, para o projeto de alteamento, levou-se em consideração que a região a jusante da BR se encontra totalmente drenada, não sendo recomendado o início das obras sem que essa condição esteja satisfeita. Ressalta-se que para este projeto, foi considerado o rebaixamento da barragem BD5. **Neste sentido, recomenda-se que as ações para o rebaixamento do reservatório da BD5, como a execução do canal, após adequação com o sistema de drenagem deste projeto de elevação da Barragem BR, e implantação do sistema de bombeamento informados no parágrafo anterior, sejam priorizadas pela MOSAIC com vistas a garantir a segurança hidrogeológica de todo o sistema e permitir a execução das obras de implantação deste projeto**.

O Plano de Disposição de Rejeitos foi elaborado considerando o início da operação da Barragem BR em 2027, após o descomissionamento da Barragem BL1. De posse dos resultados, observou-se que o reservatório comporta os $42{,}36.10^6$ m³ de sólidos afluentes ao reservatório ao longo de 12 anos de operação com lançamento de rejeitos (de out-2027 até out-2039). Desses $42{,}36.10^6$ m³, tem-se $38{,}21.10^6$ m³ de rejeitos adensados de lamas e rejeitos de ultrafinos e $4{,}15.10^6$ m³ de sedimentos provenientes do terreno no entorno da estrutura. Caso a MOSAIC decida pela disposição de outro tipo de rejeito na estrutura, os volumes aqui apresentados deverão ser revistos. O ponto de lançamento está localizado a montante do reservatório, no lago C. Já o ponto de ponto de captação de água estabelecido nos estudos, encontra-se na margem esquerda do lago A.

Para garantir a segurança da obra durante a fase de implantação do novo sistema extravasor e do tamponamento do atual, foi realizado um estudo de balanço hídrico da estrutura para avaliar a segurança hidráulica da mesma, sem a operação de um sistema extravasor.

Os resultados mostraram a não necessidade de implantação de um sistema de desvio, haja visto que a estrutura possui borda livre suficiente para transitar um ano hidrológico sem a necessidade de operar um sistema extravasor e sem apresentar risco de galgamento para tempos de recorrência decamilenares.

Desta forma a DF+ entende, com o objetivo de garantir uma obra com a menor geração possível de custo, não haver a necessidade da elaboração de um sistema de desvio no trecho em que os dois sistemas extravasores (atual e previsto) coincidem, próximo do reservatório da Barragem BD5.

O Canal de Lamas foi dimensionado seguindo as premissas geométricas solicitadas pela Mosaic, implantação de acesso para manutenção do mesmo, garantindo a estabilidade dos cortes e aterros, além de favorecer o balanço de massa entre os cortes e aterros de conformação do canal.

13.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.028: Mineração — Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água — Requisitos. Rio de Janeiro, 2017. 16p.

ASSUMPÇÃO, Marcelo; Dias, Fábio L.; ZEVALLOS, I.; NALIBOFF, J. B.. Intraplate stress field in South America from earthquake focal mechanisms. Journal of South American Earth Sciences, v. 71, p. 278-295, 2016.

BRASIL. PORTARIA ANM 70.389, de 17 de maio de 2017. Mineração – Criação do cadastro de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8°, 9°, 10, 11 e 12 da Lei n° 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.

BROD, J. A. 1999. Petrology and geochemistry of the Tapira alcaline complex, Minas Gerais State, Brazil. University of Durham, UK (Phd thesis).

BROD J. A, RIBEIRO C. C., GASPAR J. C., JUNQUEIRA-BROD T. C., BARBOSA E. S. R., RIFFEL B. F., SILVA J. F., CHABAN N., FERRARI A. J. D. 2004. Excursion guide: Geologia e Mineralizações dos Complexos Acalinos-Carbonatíticos da Província Ígnea do Alto Paranaíba. *Soc. Bras. Geol.*

CDA (2013): Dam Safety Guidelines. Associação Canadense de Barragens, 2013.

CRUZ, Paulo Teixeira da. 100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto. 2. ed. Sao Paulo: Oficina de Textos, 2004. 647 p. ISBN 8586238023 (broch.).

DARDENNE, M. A. The Brasilia Fold Belt. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (eds.). Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 230-263.

Dupuit, J., (1863), "Etudes Theoriques at pratiques sur le Mouvement des Eaux dans lesCanaux Decouverts et a Travers les Terrains Permeables", 2nd ed., Dunod, Paris, 1863.

FREITAS, A.J., SILVA, D.D., PRUSKI, F.F., PINTO, F.A., PEREIRA, S.B., GOMES FILHO, R.R., TEIXEIRA, A.F., BAENA, L.G.N., MELLO, L.T.A., NOVAES, L.F. Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 65p.

FUCK, R. A. A. Faixa Brasília e a Compartimentação Tectônica na Província Tocantins. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 4., 1994, Brasília. Atas... Brasília: SBG, 1994. p. 184-187.

GIBSON S. A., Thompson R. N., DICKIN A. P., LEONARDOS O. H. 1995. High-Ti and low-Ti mafic potassic magmas: Key to plume-lithosphere interactions and continental flood-basalt genesis. Earth and Planetary Science Letters, 136: 149-165.

LOPES, A. E. V. “Risco Sísmico no Brasil e Seu Impacto sobre Grandes Obras”, in Revista do Instituto de Engenharia, 58, 7, 2010.

MASSAD, F. Obras de terra – Curso básico de geotecnia . São Paulo, SP. Oficina de textos, 215p,2010

OLIVEIRA, W.C.; Marchioreto, A. 2013. Relatório Técnico Final de Monitoramento Sismológico. COPEL. São Paulo, SP; Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

RIBOTTA, L. C., M. Assumpção, J. L. Manuzzi, A. M. B. E. Carvalho, and J. V. M. Regina (2010). Seismicity induced in 4 deep reservoirs, Southern Brazil, 2010 The Meeting of the Americas (AGU - American Geophysical Union), Foz do Iguaçu, PR, Brazil, 8–12 August.

SILVA, C. H., 2003. Evolução geológica da Faixa Brasília na região de Tapira, sudoeste de Minas Gerais. Tese de Doutorado. UNESP, Rio Claro, 196 p.

SIMÕES, L. S. A.; VALERIANO, C. M. Porção meridional da Faixa de Dobramentos Brasília: estágio atual do conhecimento e problemas de correlação tectonoestratigráfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. Anais... Natal: SBG,. v. 6, p. 2564-2575, 1990.

SWAMEE P. K., 1999. Discussion of Formula for Calculating Crictal Depth of Trapezoidal Open Channel, Journal of Hydraulic Engineering. 786 p.

TERZAGHI, K. E PECK, R. B., Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, New York, 1948.

UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (USNRC) NUREG-1508, "Final Environmental Impact Statement To Construct and Operate the Crownpoint Uranium Solution Mining Project, Crownpoint, New Mexico." Washington, DC: NRC. February 1997.

VALERIANO, C. M.; TEIXEIRA W.; HEILBRON M.; SIMÕES L. S. A. Southern Brasilia belt (SE Brazil): tectonic discontinuities, K-Ar data and evolution during the Neoproterozoic Brasiliano orogeny. Revista Brasileira de Geociências, v. 30, n. 1, p. 195-199, 2000.

VALERIANO, C. M.; Dardenne M. A.; Fonseca M. A.; Simões L. S. A.; Seer H. J. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO NETO, V. et al. (Orgs.). Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. [S.l.]: Beca,. p. 575-592, 2004a.

VALERIANO, C. M.; MACHADO, N.; SIMONETTI, A.; VALLADARES, C. S.; SEER, H. J.; SIMÕES, L. S. A. U-Pb geochronology of the southern Brasília belt (SEBrazil): sedimentary

provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana. Precambrian Research, v. 130, p. 27-55, 2004b.

WERNER, S.D. Engineering characteristics of earthquake ground motions. Nuclear Engineering and Design, 36 (3): 367-95, Mar. 1976.

14.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO		
Razão social: **CNPJ:**	DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA 07.214.006/0001-00	http: www.dfmais.eng.br
Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.eng.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001		

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão do Documento
Júnio Fagundes	JF	Geotecnia	Revisão do Documento
Breno Lucena	BL	Geotecnia	Estudos Geotécnicos/Elaboração do Documento
Lucas Monção	LM	Geotecnia	Estudos Geotécnicos
Mário Júnior	MJ	Geotecnia	Estudos Geotécnicos/Elaboração do Documento
Marcus Cruz	MC	Recursos Hídricos	Revisão do Documento
Luis Freitas	LF	Recursos Hídricos	Estudos Hidráulicos - Hidrológicos/Elaboração do Documento
Silas Salgado	SS	Geologia	Estudos Geológicos/Elaboração do Documento

APÊNDICES

ANÁLISES DE ESTABILIDADE.DOC	**APÊNDICE A - ANÁLISES DE ESTABILIDADE – CONDIÇÃO ATUAL** Formato: Microsoft Word **(7 PÁGINAS)**
ANÁLISES DE ESTABILIDADE.docx	**APÊNDICE B - ANÁLISES DE ESTABILIDADE – PÓS ALTEAMENTO** Formato: Microsoft Word **(96 PÁGINAS)**

ANEXOS

REFORÇO MAGNETITA - (BR).pdf	**ANEXO A – CONTROLE DE COMPACTAÇÃO – REFORÇO DE MAGNETITA – BARRAGEM BR** Formato: PDF **(4 PÁGINAS)**



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br

PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº MOSAIC	PÁGINA **1/38**
	Nº (CONTRATADA) **DF19-263-1-CV-ETC-0002**	REV. **0**

REVISÕES

TE: TIPO EMISSÃO — A - PRELIMINAR; B - PARA APROVAÇÃO; C - PARA CONHECIMENTO; D - PARA COTAÇÃO; E - PARA CONSTRUÇÃO; F - CONFORME COMPRADO; G - CONFORME CONSTRUÍDO; H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	EMISSÃO INICIAL	GL	IC	TO	MC	11/09/20
0	C	ATENDIMENTO A COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO	GL	IC	TO	MC	20/10/20

ÍNDICE

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.0	APRESENTAÇÃO	3
2.0	CONCEITOS	3
3.0	CONCRETO CONVENCIONAL	5
4.0	EXECUÇÃO DOS FUROS E INSTALAÇÃO DAS BARRAS DE ANCORAGEM	36
5.0	EQUIPE TÉCNICA	38

1.0 APRESENTAÇÃO

A presente Especificação Técnica tem o objetivo de conceituar, definir e especificar os procedimentos a serem cumpridos durante a execução dos serviços das estruturas do sistema do Canal de Lamas, em concreto armado moldado in loco, que será construído pela MOSAIC.

Os serviços deverão ser executados de acordo com os Desenhos do Projeto, Normas Técnicas Brasileiras da ABNT, bem como, as indicações presentes nesta Especificação Técnica.

A observância rigorosa dos procedimentos definidos nesta especificação será de responsabilidade da CONTRATADA. Esta deverá consultar a equipe técnica da MOSAIC sempre que, durante a execução dos serviços, ocorrerem situações não previstas no projeto ou de entendimento duvidoso nesta Especificação Técnica bem como, nos Desenhos do Projeto.

2.0 CONCEITOS

Para efeito desta Especificação Técnica são estabelecidos os seguintes conceitos.

2.1 EMPRESAS ENVOLVIDAS

- CONTRATANTE: MOSAIC, empresa proprietária da obra;
- PROJETISTA: DF+;
- FISCALIZAÇÃO: Pessoa, pessoas ou firma designada pela MOSAIC com o intuito de examinar, verificar, ajustar soluções construtivas não previstas no projeto, aceitar ou recusar e medição dos serviços;
- CONTRATADA: Pessoa, pessoas, firma ou consórcio de firmas que têm como responsabilidade a execução e o fornecimento de todos os serviços, materiais e equipamentos necessários à execução da obra.

2.2 NORMAS DE REFERÊNCIAS

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente Especificação Técnica, deverão ser obedecidos os requisitos das seguintes normas técnicas, em suas últimas versões atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas:

- ABNT NBR 6118:2014 -Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

- ABNT NBR 6120:1980 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira
- ABNT NBR 16697:2018 – Cimento Portland - Requisitos
- ABNT NBR 5738:2015 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
- ABNT NBR 5739:2018 Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos
- ABNT NBR 8522:2017 Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão
- ABNT NBR 12655:2015 Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação
- ABNT NBR 7215:2019 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos
- ABNT NBR 7211:2009 Agregados para concreto - Especificação
- ABNT NBR NM 26:2001 - Agregados - Amostragem
- ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica
- ABNT NBR 7218:2010 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
- ABNT NBR NM 46:2003 -Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem
- ABNTNBR NM 49:2001 - Agregado miúdo -. Determinação de impurezas orgânicas.
- ABNTNBR NM51: 2001 - Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Ángeles"
- ABNT NBR 15577-1 a 6:2018 - Agregados - Reatividade álcali-agregado
- ABNT NBR NM 67:1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone
- ABNT NBR NM 9:2003 - Concreto e argamassa - Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração

- ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
- ABNT NBR 16372:2015 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
- ABNT NBR NM 51:2001 - Agregados - Determinação da abrasão "Los Angeles"
- ABNT NBR 11768:2011 - Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos
- ABNT NBR7212: 2012 - Execução de Concreto Dosado em Central.
- ABNT NBR 7477:1982 - Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado
- ABNT NBR 7480:2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação
- ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
- ABNT NBR 14931:2003 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento
- ABNT NBR 6971:2012 - Segurança no tráfego - Defensas metálicas - Implantação

No caso da CONTRATADA se apoiar em normas e/ou especificações diferentes das acima mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da MOSAIC.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela MOSAIC.

3.0 CONCRETO CONVENCIONAL

3.1 OBJETO

Esta seção abrange a execução dos trabalhos de concreto convencional, formas, escoramentos e armaduras para as estruturas dos dispositivos de drenagens, de acordo com os desenhos de construção, e o que se especifica a seguir, compreendendo os

materiais e equipamentos para a fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura, proteção e reparos do concreto.

A CONTRATADA poderá optar pela aquisição de concreto pronto de terceiros. Nessa situação, todas as disposições constantes nesta Especificação devem ser adaptadas às condições reais, mediante proposta da CONTRATADA que deve merecer a aprovação da FISCALIZAÇÃO.

3.2 COMPOSIÇÃO

3.2.1 Geral

Os concretos constantes desta especificação serão compostos de cimento Portland, água, agregado miúdo, agregado graúdo e, se necessário, aditivos redutores de água, retardadores de pega, plastificantes, expansores e incorporadores de ar e quaisquer outros componentes recomendados e/ou aprovados pela FISCALIZAÇÃO, que produzam, no concreto, propriedades benéficas para sua utilização, conforme comprovado em ensaios de laboratório.

É de responsabilidade da CONTRATADA a contratação de um engenheiro especialista para desenvolver o traço do concreto a ser utilizado, acompanhamento e desenvolvimento de planos de concretagem, visando principalmente atender as condições de durabilidade, resistência a abrasão e estanqueidade requeridos para tais estruturas.

As manutenções periódicas após a execução dos serviços de construção são de fundamental importância para o correto funcionamento das estruturas e preservação de sua vida útil, principalmente no que se diz respeito ao desgaste da camada de concreto e selante elástico.

3.2.2 Proporção das Misturas

A proporção da mistura deverá ser determinada por dosagem racional e experimental, conforme NBR12655, e deverá estar baseada na pesquisa dos agregados mais adequados e inertes, sua respectiva granulometria e na melhor relação água/cimento, com a finalidade de assegurar uma mistura plástica e trabalhável, ou segundo as necessidades de sua utilização. Um concreto que, após a cura adequada, apresente durabilidade, estanqueidade e resistência compatíveis com os valores indicados em projeto.

O cálculo da dosagem do concreto deve ser refeito cada vez que for prevista uma mudança de marca, tipo ou classe do cimento, na procedência e qualidade dos agregados e demais materiais.

Os traços de concreto, bem como os materiais a serem utilizados na mistura, deverão ser submetidos à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Os traços poderão ser substituídos pela FISCALIZAÇÃO sempre que necessário, a fim de preservar a segurança, economia e qualidade do concreto.

Analisando as prescrições normativas, considerando a classe de agressividade ambiental III e alta resistência à abrasão devido as condições a que as estruturas estão impostas em serviço, deve se adotar os seguintes requisitos mínimos para a concretagem:

- Concreto classe C40
- Relação água/cimento a/c<0,45
- Consumo máximo de água: 176 l/m3
- Aglomerante com substituição de 15% de micro sílica

Para fck≥40 MPa, a relação água/cimento deverá ser ≤ 0,45, o consumo mínimo de cimento deverá ser 360 kg/m^3 e o módulo de deformação secante ≥ 32GPa, conforme recomendações da NBR6118 e NBR12655.

Adotar o consumo de água máximo 175 kg/m^3 (l/m^3), necessário para reduzir riscos de retração por secagem, deformação lenta excessiva, fissuras e deformação.

3.2.3 Classes de Concreto

A classe de concreto para cada estrutura será indicada nos desenhos de forma e apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Classes de Concreto a serem utilizadas

Classe	Tipo	Aplicação	Diâmetro Máximo do Agregado (até valor indicado)	Resistência Característica à Compressão (f_{ck}) MPa 28 dias
C40	Convencional	Estrutura de Concreto Armado das Drenagens	1" (25 mm)	40
C10		Regularização e/ou enchimento (concreto magro)	1" (25 mm)	10

Excepcionalmente, a critério da FISCALIZAÇÃO, poderão ser dosados concretos com agregados de diâmetro máximo superior aos indicados, desde que sua dimensão máxima não ultrapasse os limites abaixo:

- Espaçamento interno das formas – ¼ da menor distância entre faces e formas;
- Espessura da laje – 1/3 da espessura da laje

- Barras horizontais – 5/6 da distância entre duas barras horizontais

- Barras verticais - ½ da distância entre duas barras horizontais

3.2.4 Consistência dos Concretos Convencionais

Os traços deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo ser os teores de água os mínimos necessários para permitir um adensamento satisfatório no caso dos concretos convencionais.

A consistência do concreto deverá ser uniforme de betonada para betonada.
O controle da consistência do concreto poderá ser feito pela FISCALIZAÇÃO, por meio de ensaios de "slump".

Os valores do "slump" para cada traço serão determinados pela FISCALIZAÇÃO.

Concreto com excesso ou carência de água (excessivamente plástico ou seco) poderá ser rejeitado, a critério da FISCALIZAÇÃO.

3.2.5 Controle de Qualidade dos Concretos Convencionais

A FISCALIZAÇÃO manterá um controle rigoroso sobre as operações da betoneira, especialmente em relação à quantidade de água adicionada à mistura, a fim de que o concreto seja uniforme, de betonada para betonada, e tenha um baixo coeficiente de variação ou um baixo desvio padrão das resistências.

Para exercer o controle de qualidade do concreto, a FISCALIZAÇÃO coletará, em locais por ela selecionados, amostras de concreto fresco.

As resistências à compressão e módulo de deformação do concreto serão determinadas pelos ensaios, em cilindros de 15 cm x 30 cm, feitos e curados de conformidade com a NBR 5738. A quantidade de amostras, bem como a obtenção dos resultados serão de acordo com a NBR 12655, NBR5739, NBR8522 em sua última versão.

Ao longo de toda a execução da obra, o controle da qualidade do concreto será sistemático e feito baseado em ensaios de acordo com as normas aplicáveis da ABNT. Esses ensaios, de um modo geral, compreenderão em:

- Verificação das propriedades físicas dos materiais constituintes do concreto, incluído sua granulometria, e qualidade da água de amassamento;

- Determinação de traços para obtenção de concreto, com a necessária resistência, trabalhabilidade, e outras propriedades requeridas nestas Especificações Técnicas, ou indicadas nos desenhos de projeto;

- Determinação durante a produção do concreto, de propriedades como a trabalhabilidade (“slumptest”), peso específico e tempo de pega;

- Moldagem sistemática de corpos de prova para execução de ensaios rotineiros, como resistência à compressão axial e módulo de elasticidade.

3.2.6 Controle da Resistência do Concreto

Durante todo o decorrer dos trabalhos de lançamento do concreto, deverá ser efetuado um controle sistemático da resistência do concreto.

Para execução deste controle, deverão ser retiradas amostras durante o lançamento, e em diversos pontos da obra, de modo que o conjunto de corpos possa representar, da melhor maneira possível, a estrutura que está sendo executada.

A CONTRATADA deverá organizar, com antecedência, um programa para coleta de corpos de prova, tornando-se mais uma rotina da obra. Este programa deverá ser aprovado pela FISCALIZAÇÃO e poderá ser modificado, a critério da mesma. A moldagem e a cura dos corpos de prova deverão ser executadas de acordo com a NBR-5738/1994.

Todo o trabalho referente à retirada, moldagem, cura e testes dos corpos de prova será de responsabilidade da CONTRATADA que, inclusive, os identificará por uma numeração crescente e pela data de moldagem. A retirada e a moldagem dos corpos de prova deverão ser executadas na presença da FISCALIZAÇÃO.

Os corpos de prova deverão ser testados em laboratório e aprovados pela FISCALIZAÇÃO e os resultados dos ensaios serão enviados, por escrito, à mesma.

De acordo a NBR12655, as amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, conforme a ABNT NBR NM 33. Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma amassada, conforme a ABNT NBR 5738, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Ressalta-se a importância de execução de um corpo de prova sobressalente (armazenado em local apropriado na obra) a cada exemplar com a finalidade de se obter, no futuro, quando necessário, confirmação sobre resultados dos ensaios anteriores.

Ficará a cargo da FISCALIZAÇÃO o julgamento dos resultados dos ensaios recebidos do laboratório.

3.2.7 Aceitação ou Rejeição do Concreto

O concreto executado pela CONTRATADA será aceito pela FISCALIZAÇÃO, se comprovado por ensaios de laboratório que:

- Amostragem Parcial – os lotes de concreto, possuem o valor estimado da resistência

característica, calculado conforme item 6.2.3 da NBR12655, que atendem à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

- Amostragem Total –todos os exemplares possuem o valor estimado da resistência característica, calculado conforme 6.2.3 da NBR12655 que atendem à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

Caso as amostras não atendam ao especificado em norma, aos requisitos de projeto e as exigências da FISCALIZAÇÃO, pode-se proceder a contraprova com a amostra sobressalente, e caso a mesma apresente características indesejáveis o lote será rejeitado.

3.3 MATERIAIS DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.3.1 Cimento

Todo o cimento deverá estar de acordo com as exigências da norma NBR 16697. A FISCALIZAÇÃO deve rejeitar as partidas de cimento, em sacos ou a granel, cujas amostras revelarem, nos ensaios, características inferiores aquelas estabelecidas pela referida norma técnica.

Caso o cimento seja entregue em saco, todos os locais de armazenamento deverão ser tais que permitam fácil acesso para trabalhos de inspeção e identificação. Quantidades suficientes de cimento deverão ser estocadas de maneira a permitir a fiel execução do cronograma de concretagem.

Os materiais deverão ser estocados de acordo com as normas da ABNT, em ordem cronológica de chegada, com condições para usar inicialmente o material estocado em primeiro lugar. Para tanto, cada partida de material deverá ser devidamente identificada.

O estoque deve ser realizado em local coberto ou fechado, de modo que não tenha contato com a umidade e que seja garantida sua validade estabelecida pelo fabricante, não ocorrência de endurecimento, contaminação ou alterações de suas características. O transporte interno até o local de mistura deve garantir as mesmas condições de estoque.

O cimento estocado por mais de 120 dias não poderá ser utilizado na obra, a não ser quando aprovado pela FISCALIZAÇÃO, após os respectivos ensaios.

Se for utilizado cimento a granel, os silos de armazenamento deverão ser esvaziados e limpos pela CONTRATADA, quando exigidos pela FISCALIZAÇÃO; todavia, o intervalo entre duas limpezas sucessivas dos silos nunca será superior a 120 dias.

3.3.2 Aditivos

Todos os aditivos a serem utilizados deverão atender às especificações contidas na norma

NBR 11768 da ABNT, e deverão ser adicionados a cada traço, diluídos numa porção de água de amassamento, ou de acordo com instruções da FISCALIZAÇÃO.

Todos os aditivos tais como aceleradores, expansores, superfluidificantes, etc. poderão ser usados, desde que sejam determinados ou aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

3.3.3 Água

A água usada nos concretos e argamassas deverá estar livre de quantidades excessivas de silte, matéria orgânica, álcalis, óleos, sais ou outras impurezas, conforme indicado nas normas da ABNT.

A CONTRATADA deve proceder a uma pesquisa sistemática da qualidade da água utilizada para o preparo do concreto no canteiro, de modo a estar seguro de que, em qualquer tempo, ela terá características não nocivas à qualidade do concreto.

3.3.4 Microsílica

A Microsílica é uma variedade amorfa de sílica, que se forma no processo de produção do Ferro Silício e do Silício Metálico. O emprego deste material melhora as condições de porosidade, melhora a aderência pasta/agregado e areação com os produtos de hidratação do cimento resulta em compostos mais resistentes, diminuindo a lixiviação e aumentando a resistência à abrasão.

Todos os locais de armazenamento dos sacos da microsílica deverão ser tais que permitam fácil acesso para trabalhos de inspeção e identificação. Quantidades suficientes do material deverão ser estocadas de maneira a permitir a fiel execução do cronograma de concretagem.

Os materiais deverão ser estocados de acordo com as normas da ABNT, em ordem cronológica de chegada, com condições para usar inicialmente o material estocado em primeiro lugar. Para tanto, cada partida de material deverá ser devidamente identificada.

O estoque deve ser realizado em local coberto ou fechado, de modo que não tenha contato com a umidade e que seja garantida sua validade estabelecida pelo fabricante, não ocorrência de endurecimento, contaminação ou alterações de suas características. O transporte interno até o local de mistura deve garantir as mesmas condições de estoque.

3.3.5 Agregados

É fundamental que se tenha um perfeito conhecimento dos agregados a serem utilizados para a obtenção de um concreto com boa resistência e durabilidade, visto que eles constituem aproximadamente 75% da composição do concreto, sendo os materiais menos homogêneos dentre os utilizados nas estruturas de concreto armado. Eles podem ser subdivididos em duas categorias:

- Agregado miúdo: Areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,75 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,150 mm;

- Agregado graúdo: Pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira de malha quadrada com abertura nominal de 75mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,75 mm.

Os agregados a serem utilizados nas estruturas de concreto armado deverão obedecer às exigências contidas nas NBR 7211 e NBR 6118 da ABNT.

3.3.5.1 Pilhas de Estocagem de Agregados:

O agregado deverá ser estocado em pilhas de acordo com suas dimensões nominais e de maneira a evitar mistura com outros agregados, contaminação por poeira ou outros materiais estranhos, devendo ser possibilitada a drenagem livre de água.

Uma quantidade suficiente de agregado em cada gradação deverá ser mantida nos estoques, de modo a possibilitar um lançamento contínuo e complementação de qualquer módulo de concreto iniciado, bem como evitar a modificação de traços para atender a situações momentâneas de excesso ou falta de determinadas graduações.

3.3.5.2 Amostragem e Ensaios:

As amostras dos agregados representativos dos materiais a serem usados na obra serão retiradas pela FISCALIZAÇÃO, antes da data prevista para o início da concretagem, conforme recomendações da NBR NM26.

As amostras deverão ser submetidas aos ensaios necessários para comprovar sua concordância com os termos destas especificações.

Todos os ensaios serão dirigidos pela FISCALIZAÇÃO, de acordo com os métodos padrões da ABNT.

Durante a construção, a FISCALIZAÇÃO poderá continuar com a amostragem e ensaios dos agregados para verificar o atendimento aos requisitos especificados.

Os ensaios de agregados poderão ser feitos nos vários estágios de processamento e manuseio, a critério da FISCALIZAÇÃO.

3.3.5.3 Qualidade:

Agregado Miúdo

As percentagens máximas de substâncias nocivas no agregado miúdo, ao entrar na betoneira, não deverão ultrapassar os seguintes valores, em percentagem do peso do material:

- Material pulverulento passando na peneira no. 200 (0,075 mm de abertura de malha): conforme a Norma NBR NM 46: 1,0%;
- Torrões de argila (Norma NBR-7218): 1,5%;
- Matérias carbonosas (Norma NBR-7211): 0,5%;
- Substâncias prejudiciais: isento de substâncias prejudiciais tais como gravetos, mica, grânulos tenros, friáveis ou envolvidos por películas, etc;
- Massa específica: não inferior a 2,5 t/m^3, conforme a Norma NBR NM 45.

Importante realização de ensaios para verificação a reatividade potencial do agregado de acordo com a NBR 7211 e NBR 15577, visando evitar a ocorrência de reações expansivas deletérias devidas à reação álcali-agregado.

Agregado Graúdo

A quantidade de substâncias nocivas, ao entrar na betoneira, não deve exceder os seguintes limites, em percentagem do peso do material:

- Torrões de argila e partículas friáveis (Norma NBR-7218): 0,25%;
- Material pulverulento passando na peneira no. 200 (0,075 mm de abertura de malha), conforme a Norma NBR NM 46: 0,5%.

O agregado graúdo obedecerá, ainda, às seguintes exigências:

- Ensaio de abrasão "Los Angeles": a perda nas várias graduações de agregado não excederá 40%, devendo o número de rotações ser determinado em função da graduação do agregado em exame, conforme a Norma NBR NM51;
- Massa específica: não inferior a 2,6 t/m^3, conforme a Norma NBR NM45.

Importante realização de ensaios para verificação a reatividade potencial do agregado de acordo com a NBR 7211 e NBR 15577, visando evitar a ocorrência de reações expansivas deletérias devidas à reação álcali-agregado.

3.3.5.4 Composição Granulométrica:

A composição granulométrica deverá ser determinada de acordo com a Norma NBR NM 248, devendo ficar dentro dos limites apresentados na Norma NBR-7211 (conforme apresentado a seguir), a menos que seja determinado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

Agregado Miúdo (areia)

Tabela 3.2 – Limites Granulométricos para o Agregado Miúdo

Peneiras Aberturas Nominais (mm)	Porcentagem, em massa, retida acumulada Zona Ótima – Limite Inferior	Porcentagem, em massa, retida acumulada Zona Ótima – Limite Superior
9,5	0	0
6,3	0	0
4,75	0	5
2,36	10	20
1,18	20	30
0,6	35	55
0,3	65	85
0,15	90	95

A granulometria do agregado miúdo será também controlada de modo que os módulos de finura de pelo menos quatro dentre cinco amostras consecutivas ensaiadas não tenham variação maior do que 0,15 do módulo de finura médio de todas as amostras ensaiadas.

Agregado Graúdo

Tabela 3.3 – Limites Granulométricos para o Agregado Graúdo

Peneiras Aberturas Nominais (mm)	Percentagem, em massa, retida acumulada		
	4,75mm a 12,5mm	9,5mm a 25mm	19mm a 31,5mm
37,5	-	-	-
31,5	-	-	0-5
25	-	0-5	5-25
19	-	2-15	65-95
12,5	0-5	40-65	92-100
9,5	2-15	80-100	-
6,3	40-65	92-100	-
4,75	80-100	95-100	-
2,36	95-100	-	-

Os limites indicados são para cada tamanho de agregado, separadamente.

3.4 DOSAGEM E MISTURA DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.4.1 Dosagem

As quantidades de cimento, aditivos, areia e cada tamanho nominal de agregado graúdo, que compõem o traço, deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO com base em resultados dos ensaios de laboratório.

As quantidades de agregados e cimento devem ser determinadas em peso. A água poderá ser medida em peso ou volume e deverá ser tal que a mistura seja trabalhável, sem falta e sem excesso. Na dosagem da água de amassamento, deve ser levada em conta a umidade dos agregados inertes, principalmente a da areia, que deve ser determinada por meio de *speedmoisturetester*, ou outros métodos usuais.

Os traços devem ser determinados por dosagem racional ou experimental, devendo, no entanto, ser respeitado os valores máximos de relação água/cimento e resistência característica “fck” definidos em projeto.

A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade prevalecentes durante a construção. Esta variabilidade medida pelo desvio-padrão, sd, é levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação:

$$fcmj = fckj + 1{,}65 \times sd$$

onde:

- fcmj é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em megapascals (MPa);
- fckj é a resistência característica do concreto à compressão, aos j dias, expressa em megapascals (MPa);
- sd é o desvio-padrão da dosagem, expresso em megapascals (MPa).

No intuito de garantir a durabilidade, estanqueidade e resistência do concreto de acordo com os valores especificados em projeto e satisfazer outras condições porventura requeridas pela agressividade do ambiente, a CONTRADADA deverá solicitar a presença um engenheiro especialista para:

- desenvolver o traço do concreto a ser utilizado,
- acompanhar os processos referentes à fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura,
- desenvolver um plano de concretagem, acompanhando a liberação das concretagens de etapas subsequentes.

3.4.2 Mistura

A mistura e o amassamento poderão ser efetuados em central de concreto na obra ou através de mistura pronta (concreto pré-misturado) fornecida por empresa especializada.

Todos os dispositivos destinados à medição para preparo do concreto, deverão estar sujeitos à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Quando a mistura for feita em central de concreto, situada fora do local da Obra, a betoneira e os métodos usados deverão estar de acordo com os requisitos da norma NBR7212 - Execução de Concreto Dosado em Central.

3.4.2.1 Mistura em central de concreto na obra

Quando se utilizar uma central de concreto na obra, deverão ser observadas todas as prescrições sobre a dosagem, devendo a mesma ser inspecionada e aprovada pela FISCALIZAÇÃO antes do início de sua utilização.

Os concretos convencionais, executados na central de concreto da obra, serão misturados completamente, até apresentar aparência uniforme, com todos os componentes igualmente distribuídos.

Não será permitido um misturamento excessivo, que necessite da adição de água para preservar a consistência necessária do concreto.

A sequência da introdução dos componentes na betoneira deverá ser determinada na obra, com o propósito de se obter a melhor qualidade, fazendo-se os ajustes necessários.

A betoneira não será sobrecarregada além da capacidade recomendada pelo fabricante, e será operada na velocidade indicada na placa que fornece as características da máquina.
A betoneira deverá ser limpa após cada período de produção de modo que o material que eventualmente ficou aderido seja removido e, portanto, não prejudique as futuras betonadas.

Concreto parcialmente endurecido não deverá ser reaproveitado para nova mistura.

O transporte entre a central de controle os locais de lançamento deverá ser o mais rápido quanto possível, evitando a segregação do concreto.

3.4.2.2 Mistura pronta (concreto pré-misturado) fornecida por empresa especializada

Quando for empregado concreto pré-misturado, a CONTRATADA deverá exigir da empresa fornecedora garantias de que sejam preenchidos todos os itens desta especificação, além de verificar se essa usina atende às exigências constantes da NBR 7212.

A liberação do concreto usinado envolverá as seguintes verificações:

- consistência do concreto de cada caminhão, medida de acordo com o Método NBR 7223, devendo estar de acordo com o pedido;

- homogeneidade da mistura, sendo rejeitado todo o caminhão que, por defeito nas pás da betoneira, não produzir homogeneização do concreto.

3.5 TRANSPORTE DO CONCRETO

3.5.1 Central de concreto na obra

O transporte de concreto do local de amassamento para o de lançamento deverá ser feito de modo que não decorram mais do que 30 minutos entre o momento em que se adiciona toda a água à mistura e o momento de lançamento.

O meio de transporte deve ser tal que não produza segregação dos elementos.

Quando o transporte for feito por meio de vagonetas, a velocidade do transporte não poderá ser superior a 20 km/h.

Quando o transporte for feito por meio de correias transportadoras, o ângulo de inclinação das mesmas não poderá ultrapassar:

- 18º para concreto com abatimento até 5 cm.

- 15º para concretos com abatimento de 6 a 10 cm.

A velocidade da correia não deve ser superior a 1 m/seg.

Os transportes devem ser cobertos, com a finalidade de proteger o concreto de chuvas e outras contaminações.

3.5.2 Transporte por bombeamento

Quando o transporte for feito por bombeamento os agregados miúdos deverão ser proporcionados na relação 1:2 e 1:3.

No peso total de agregado miúdo, a quantidade de partículas com dimensões até 0,3 não deverá ultrapassar 15 a 20%.

É recomendável o uso de aditivos plastificantes, de modo que se garanta à mistura uma consistência adequada durante o transporte pelas tubulações.

O diâmetro máximo do agregado graúdo dependerá do diâmetro da tubulação de transporte. Quando forem empregados agregados de maior diâmetro que os especificados na NBR-7211, recomenda-se a tabela abaixo:

Diâmetro interno da Tubulação (mm)	Dimensão máxima do agregado graúdo (mm)
280	70
200	70
150	40

Antes da admissão de concreto na tubulação, esta deverá ser rigorosamente limpa e lubrificada, passando-se pela mesma, nata de cimento. Para que a nata se espalhe por toda a superfície interna da tubulação, a mesma deverá ser fechada em uma das extremidades, de modo a impedir a saída da nata garantindo o total umedecimento do tubo.

Deverão ser tomadas providências para que o fluxo de concreto dentro da tubulação não sofra interrupções por obstrução.

Imediatamente após o uso, a tubulação deverá ser limpa completamente por meios mecânicos e em seguida lavada com água corrente.

No caso de transporte por bombeamento, a CONTRATADA deverá observar todas as recomendações contidas nas especificações do fabricante do equipamento.

3.5.3 Transporte de concreto pré-mistutado (central externa)

No caso de transporte de concreto pré-misturado, o intervalo total de tempo entre o momento da adição da água e o momento do lançamento não poderá ultrapassar 1(uma) hora, contado a partir do início da mistura até o final do adensamento.

Este tempo poderá ser aumentado, quando forem admitidos pela FISCALIZAÇÃO, desde que não haja nenhum prejuízo na qualidade do concreto até o término do seu adensamento, por exemplo, pela utilização de aditivo retardador de pega, em dosagem conveniente.

Os concretos pré-misturados que apresentarem qualquer sinal de segregação de material não poderão ser utilizados.

3.6 FÔRMAS

3.6.1 Geral

As fôrmas deverão ser fabricadas com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo ser usadas nos locais onde se façam necessárias para confinar o concreto e moldá-lo segundo as linhas, dimensões e juntas especificadas no projeto.

Não deve ser iniciada a concretagem de qualquer peça, sem que antes a respectiva forma seja inspecionada e aprovada pela FISCALIZAÇÃO, o que não isentará a CONTRATADA de sua responsabilidade da obtenção de superfícies desempenadas, sem curvaturas e outros defeitos; caso apareçam superfícies inaceitáveis, serão corrigidas empregando-se métodos aprovados, ou então o concreto afetado será retirado, conforme decisão da FISCALIZAÇÃO.

As formas, sejam de compensados de madeira ou metálicas, devem ser reforçadas e ter resistência suficiente para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, mantendo-se rigidamente, em posição correta, sem deformação e devem ser estanques, de modo a impedir a perda da nata do concreto.

Deverão ser usados, conforme necessário, recursos adicionais para fixação das fôrmas, com o objetivo de mantê-las firmes contra o concreto endurecido.

Além do que especificado em norma, serão levadas em conta as seguintes especificações:

- Dimensões: as formas deverão ser executadas rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas no PROJETO e terem a resistência necessária para não se deformarem sob a ação do conjunto de peso próprio, peso e pressão do concreto fresco, peso das armaduras, das cargas acidentais e esforços provenientes da concretagem, principalmente em função da pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, e sob a ação das variações de temperatura e umidade;

- Estanqueidade: as formas deverão ser suficientemente estanques de maneira a impedir a fuga da nata ou pasta de cimento;

- Dimensionamento: o dimensionamento das formas e dos escoramentos será feito de forma a evitar possíveis deformações devido a fatores ambientais ou provocados pelo adensamento do concreto fresco; as formas serão dotadas da contra-flecha necessária conforme PROJETO;

- Confecção: as formas serão confeccionadas ou montadas de forma que permitam a retirada dos diversos elementos com facilidade e principalmente, sem choques;

- Qualidade: não deverão ser utilizadas tábuas, folhas de compensado e chapas metálicas irregulares ou empenadas, devendo ainda a madeira ser isenta de ‘nós’ prejudiciais;

- Amarração: a amarração das formas deverá garantir o perfeito alinhamento e paralelismo, impedindo o aparecimento de ondulações; a FISCALIZAÇÃO poderá exigir o acompanhamento topográfico em todas as fases de concretagem;

- Reutilização: as formas poderão ser reutilizadas quantas vezes forem possíveis, desde que os danos sofridos nas concretagens não comprometam o acabamento das superfícies concretadas;

- Limpeza: no reaproveitamento de formas, as mesmas deverão ser limpas e protegidas com agentes de desforma; não será permitido o uso de óleo queimado ou de outros produtos que venham a prejudicar a uniformidade de coloração ou aparência da pintura ou de outros materiais de acabamento;

- Revisão: as formas e os escoramentos devem ser revistos periodicamente prevendo-se a troca de elementos (braçadeiras, parafusos, escoramentos, mãos francesas, espaçadores, etc.) que não ofereçam condições de uso ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Fôrmas que não mais apresentarem linhas e greides exatos, e estanqueidade à argamassa, que estejam empenadas, danificadas de alguma forma, ou inadequadas, deverão ser consertadas antes de serem novamente utilizadas. Quando, na opinião da FISCALIZAÇÃO, as fôrmas não mais apresentarem as tolerâncias, acabamento ou aparência aqui especificados, ou forem consideradas inadequadas, as mesmas deverão ser substituídas por fôrmas aceitáveis.

3.6.2 Limpeza e Lubrificação das Fôrmas

Por ocasião do lançamento do concreto, as fôrmas deverão estar isentas de incrustações de argamassa ou outros materiais estranhos.

As formas devem ser limpas, devem estar isentas de pó, serragem, restos de arame de armadura, pregos e outros detritos no momento da concretagem. Com esses propósitos, devem ser deixadas aberturas nas formas até o lançamento do concreto.

Antes que o concreto seja lançado, deve ser aplicado nas formas uma demão de desmoldante, de fórmula aprovada pela FISCALIZAÇÃO, que não deixará na superfície de madeira qualquer película que possa ser absorvida pelo concreto.

A armadura de aço ou outras superfícies que necessitem de aderência ao concreto deverão ser mantidas isentas do desmoldante.

As formas de madeira serão molhadas até a saturação, anteriormente ao lançamento do concreto.

3.6.3 Escoramento e Andaimes

Devem ser levadas em conta as seguintes especificações:

Para dimensionamento dos escoramentos, o concreto fresco deve ser considerado com peso específico igual a 2.400 Kg/m^3 para cargas verticais; relativamente às cargas horizontais será considerado o peso específico de 1.360 kg/m^3 para a altura de concretagem a ser executada durante a primeira hora de serviço, e de 720Kg/m^3 para a altura que será

executada após esta 1° hora de serviço; o comprimento livre dos esteios e de outros elementos de madeira submetidos à compressão longitudinal, não excederá a 30 vezes seu diâmetro ou sua menor dimensão; a estrutura deve suportar a cargas sem recalque ou deformações inadequadas

Antes ou depois do lançamento do concreto; caso o escoramento apresente algum sinal de recalque ou distorção indevida, o trabalho deve ser suspenso e o concreto afetado, retirado, reiniciando-se o trabalho após o reforço do escoramento.

3.6.4 Remoção das Fôrmas e Escoramentos

Para permitir a execução da cura especificada e facilitar a rápida correção das imperfeições das superfícies, as fôrmas deverão ser cuidadosamente removidas tão logo o concreto tenha endurecido e adquirido suficiente resistência para que a remoção não resulte em trincas perceptíveis, desagregação ou quebra das arestas das superfícies ou outros danos para o concreto.

A remoção das formas e a retirada dos escoramentos estão condicionados a realização de ensaios para comprovação das propriedades mecânicas do concreto, devendo ser respeitados os seguintes prazos mínimos:

- Faces laterais: 72 horas
- Faces inferiores: 14 dias, mantendo os pontaletes
- Faces inferiores: 21 dias, com retirada total dos pontaletes

Abaixo a tabela dos resultados esperados para o concreto nas idades intermediárias e aos 28 dias:

Tabela 3.4 – Propriedades mecânicas do concreto para várias idades

Idade (dias)	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de deformação secante (GPa)
3	18,5	20,5
14	34,5	29
21	38	31
28	40	32

Quaisquer reparos necessários em superfícies deverão ser realizados de uma só vez e imediatamente após a remoção das fôrmas.

Os prazos de desforma acima citados são devidos a melhorar a cura. Embora o concreto tenha atingido a resistência a compressão deve ser evitado a desforma antecipada para se evitar a perda de água, que permitirá a entrada de agentes agressivos e a instalação de células de corrosão nas armaduras ou mesmo uma carbonatação mais intensa, desprotegendo o aço, bem como propiciará o aparecimento de fissuras que comprometem a estanqueidade do concreto.

3.6.5 Liberação para Trabalhos de Compactação

Os trabalhos de compactação só poderão ser inicializados após a realização de ensaios para comprovação das propriedades mecânicas do concreto, conforme tabela acima e respeitando os prazos mínimos:

- Reaterro lateral das paredes: 14 dias do término do lançamento de concreto daquele trecho da estrutura. Caso a estrutura seja do tipo galeria ou bueiro, o prazo para o reaterro deve ser medido a partir da concretagem da laje superior.

- Reaterro sobre a laje superior: 28 dias do término do lançamento de concreto daquele trecho da estrutura.

3.7 PREPARO PARA LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.7.1 Superfícies de Fundação

Imediatamente antes do lançamento do concreto, todas as superfícies de fundação sobre as quais ou de encontro às quais o concreto deva ser lançado, deverão estar livres de água, lodo ou detritos, limpas e isentas de óleo, aderências indesejáveis, fragmentos soltos, semi-soltos e alterados.

Superfícies porosas nas fundações de encontro às quais o concreto será lançado, deverão ser completamente umedecidas, de modo que a água do concreto fresco recém-lançado não seja absorvida.

Todas as infiltrações de água, caso ocorram, deverão ser coletadas por meio de drenos de brita, cobertos com argamassa de pega rápida e dispondo de tubo coletor (para drenagem e/ou injeção), ou por meio de outros métodos aprovados pela FISCALIZAÇÃO. Toda a água coletada nos drenos deverá ser bombeada durante o período de concretagem.

Logo depois que a infiltração for controlada, a tubulação de drenagem deverá ser concretada e/ou injetada.

Depressões ou irregularidades nas fundações deverão ser preenchidas com uma camada de argamassa ou concreto de regularização, com no mínimo 10cm.

O concreto não deverá ser lançado em nenhum local da fundação sem a prévia aprovação da FISCALIZAÇÃO.

3.7.2 Superfícies das Juntas de Construção e de Dilatação

As superfícies de concreto sobre as quais, ou de encontro às quais, o concreto novo será lançado, devendo a elas aderir, mas que tenham se tornado tão rígidas que o concreto novo não possa ser incorporado ao concreto antigo, são definidas como juntas de construção.

As superfícies das juntas de construção deverão se apresentar limpas, apicoadas e umedecidas antes de serem cobertas com o concreto fresco.

A limpeza consistirá de remoção de nata, concreto solto ou defeituoso, areia ou outros materiais estranhos.

As superfícies das juntas de construção deverão ser limpas com jato d'água ou qualquer outro método aprovado pela FISCALIZAÇÃO, que produza resultados satisfatórios imediatamente antes do início do lançamento do concreto.

Na limpeza das juntas de construção, deverá ser tomado cuidado para evitar excesso de desbastamento.

Depois do tratamento, a superfície deverá ser limpa e lavada enquanto houver sinais de turvação da água, imediatamente antes do início de novo lançamento.

As juntas de dilatação devem ser executadas de tal modo a permitirem absoluta liberdade de movimento entre as estruturas de concreto e não deverão receber qualquer tratamento, além do indicado no projeto.

3.7.2.1 Junta Fria

Considera-se como junta fria a junta de construção não programada que pode ocorrer acidentalmente durante o lançamento do concreto.
Sua presença é constatada no momento em que um vibrador, funcionando, não penetra pelo seu próprio peso através da superfície da camada de concreto, exigindo, para o estabelecimento de continuidade do processo construtivo, cuidados especiais para obtenção de superfície aderência mecânica na continuidade da concretagem.

As juntas frias deverão ser evitadas. No momento em que se constatarem condições tendentes à sua formação deve-se providenciar, imediatamente, o confinamento e a vibração das cabeças das camadas, evitando suas superposições. Nessa operação deve-se cuidar para que a superfície da junta fique em rampa suave de (2:1).

As superfícies das juntas devem receber tratamento com escova de aço, jateamento de areia ou qualquer outro processo que proporcione a formação de dentes, ranhuras ou saliências. A superfície da junta concretada anteriormente deve passar por uma limpeza (lavagem com água) dos materiais pulverulentos, nata de cimento, graxa ou quaisquer outros prejudiciais à aderência.

O tratamento indicado, ou qualquer outro aprovado pela FISCALIZAÇÃO, deverá proporcionar à superfície da junta condições de aderência com o concreto a ser lançado.

3.7.2.2 Juntas de Construção

Consideram-se como juntas de construção a superfície resultante do contato de uma camada de concreto recém-lançada, com a superfície de concreto já existente, e de tal modo endurecida, que não permita uma íntima fusão entre as camadas e que, mesmo por ação de vibração, o concreto novo não mais se incorpora com o anteriormente lançado.

A utilização com traço com elevado Slump, nas execuções das cabeças, deverá ser evitada por determinar junta frágil com muita porosidade.
Os resíduos não consolidados de concreto, que resultem soltos na superfície, deverão ser removidos antes que os trabalhos de preparo da superfície da junta sejam iniciados.

Para as juntas, a critério da FISCALIZAÇÃO, o corte do concreto deverá ser feito com jato de areia e água, horas antes do reinício da nova etapa de lançamento, seguido de completa lavagem. A idade do concreto já existente deve ser superior a 15 horas e inferior a 72 horas e apresentar resistência suficiente para evitar que o agregado graúdo se destaque na superfície tratada.

Se a idade do concreto for superior a 72 horas, deve-se apicoar toda a superfície que entrará em contato com o concreto novo.

O preparo de juntas de construção com corte de ar e água poderá ser executado desde que se situe na faixa de 4 a 15 horas após o lançamento. O intervalo de tempo ideal dependerá da temperatura ambiente e dos fatores intrínsecos do concreto.

Qualquer corte com ar e água somente será autorizado se previstos os seguintes cuidados:

- Não serem executados prematuramente, para evitar erosões e desprendimento do agregado graúdo;

- Quando o início da concretagem for superior a 48 horas, deverá ser feita aplicação de jatos de água e ar na superfície da junta para sua limpeza, com antecedência de 3 a 4 horas.

No caso de ocorrer contaminação em juntas tratadas por esse processo de limpeza, deverá ser feito um novo tratamento com jato de areia, aplicado momentos antes do próximo lançamento.

É importante que durante o lançamento não haja superposições de cabeças entre duas camadas. Deverá ser mantida sempre uma distância razoável e constante entre as cabeças de concretagem.
A retomada da concretagem deve se dar de tal modo que seja evitado o efeito de ricochete sobre a superfície endurecida.

O concreto lançado deverá ser vibrado de modo a pressionar a cabeça da junta.

3.7.2.3 Junta de Construção com Tratamento à Base de Resina Epóxi

A FISCALIZAÇÃO, a seu critério, ou mesmo por indicação da CONTRATADA, com aprovação da FISCALIZAÇÃO, em locais aprovados por ela, poderão ser executados os seguintes serviços, em juntas de construção:

- As superfícies deverão estar isentas de poeira, nata de cimento, graxa, óleo, parafina ou qualquer substância estranha.

- Antes da aplicação do epóxi, a superfície do concreto deverá estar completamente seca, devendo-se observar se, ao se fazer jateamento com ar comprimido, esse ar não contenha vapor de água.

- A resina à base de epóxi deverá ser preparada em pequenas quantidades (componente A + componente B), de tal modo que haja tempo de se recobrir, com concreto, uma porção tal da superfície de modo que ainda não haja iniciado o endurecimento da mistura dos dois componentes aplicada nesta superfície.

- O tempo de vida útil (*pot-life*) depende da marca do produto e da temperatura ambiente, desde que as proporções entre os dois componentes estejam corretas.

- Poderá ser utilizado adesivo estrutural à base de epóxi de qualquer fabricante, ou distribuidor renomado, tal como: Sikadur 32 (Sika) ou outra marca, de fabricante idôneo.

- Deverá ser colocada na obra quantidade de produto superior ao consumo estimado que, no caso, seria em torno de 1,5 a 2 kg/m^2, já que, se o consumo real for maior que o estimado, não haverá material de sobra, e seria criada uma nova junta fria, que poderia se apresentar até mesmo em piores condições que a primeira.

3.7.2.4 Juntas de Dilatação no Concreto

Considera-se como junta de dilatação a interrupção no concreto com a finalidade de reduzir tensões internas que possam resultar em impedimentos a qualquer tipo de movimentação da estrutura, principalmente em decorrência de retração ou rebaixamento da temperatura.

As juntas de dilatação no concreto deverão ser rigorosamente executadas de acordo com os detalhes previstos no projeto. Dentro da realidade encontrada na obra, a CONTRATADA deverá submeter à aprovação da FISCALIZAÇÃO, antecipadamente, os locais de juntas, bem como os detalhes e especificações da execução.

Depois de concluído todo o trabalho, a argamassa solta, ou que estiver formando conchas delgadas capazes de se estilhaçarem com o movimento, deve ser retirada cuidadosamente de todas as juntas usando-se um cinzel fino. Todas as juntas de dilatação devem ser construídas com material elástico flexível que satisfaça os requisitos necessário conforme preconizado no projeto. Para estabelecer descontinuidade estrutural do concreto deve-se utilizar isopor.

As juntas de dilatação não deverão receber qualquer tratamento, além do indicado no projeto.

3.7.3 Dispositivos de vedação

Todos os dispositivos de vedação elástica deverão ser instalados de maneira a formar um diafragma estanque, contínuo em cada junta e serão posicionados conforme indicado nos desenhos ou determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Os dispositivos de vedação elástica deverão ser instalados com aproximadamente metade de sua largura embutida no concreto, em cada lado da junta, a menos que seja detalhado de maneira diferente nos desenhos.

Deverá ser tomado cuidado no lançamento e vibração do concreto próximo ao dispositivo de vedação, para obtenção de aderência completa entre o dispositivo de vedação e o concreto.

Deverão ser adotadas providências adequadas para o apoio e proteção dos dispositivos de vedação, durante o andamento dos serviços, e para que suas superfícies permaneçam totalmente isentas de óleo, graxa, ou outras substâncias contaminantes.

Deverão ser usados dispositivos de vedação de PVC, conforme mostrado nos desenhos, ou determinado pela FISCALIZAÇÃO, sendo que, preferencialmente, sem o uso de emendas desses perfis.

No caso de necessidade de emendas, elas deverão ser localizadas apenas nas paredes, e a 1,0 m acima da face superior da laje de fundo.

As emendas só poderão ser (de topo) e executadas por processo de solda autógena, e seguindo as instruções do fabricante. O aquecimento deverá ser controlado e o suficiente apenas para fundir o material sem carbonizá-lo.

Os dispositivos de vedação instalados em um lado de uma junta e que fiquem expostos 30 dias ou mais, sem que o outro lado venha a ser concretado, deverão ser cobertos ou protegidos de outra forma contra os raios diretos do sol e outros agentes externos que possam vir a danificá-los.

Os materiais de enchimento de juntas (mastique elástico, isopor ou equivalente), deverão ser aplicados nos locais mostrados nos desenhos ou determinados pela FISCALIZAÇÃO, de acordo com instruções ou recomendações do fabricante e na falta destas, de acordo com recomendações da FISCALIZAÇÃO.

3.8 LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.8.1 Lançamento

O concreto deverá ser lançado somente com tempo seco, a não ser que seja autorizado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

Não deverá ser usada argamassa nas juntas de construção, para evitar camadas permeáveis entre duas camadas consecutivas de concreto.

O concreto remisturado não deverá ser usado. Qualquer concreto, que tenha endurecido de tal forma que sua colocação adequada não possa ser assegurada, será rejeitado.

O concreto deverá ser descarregado o mais próximo possível de sua posição definitiva, não devendo ser obrigado a fluir, de modo que o movimento lateral permita ou cause segregação.

Os métodos e equipamentos empregados no lançamento do concreto nas formas deverão ser tais que evitem a segregação dos agregados graúdos da massa de concreto.

Iniciado o lançamento, a concretagem não deverá ser interrompida até que toda a concretagem do módulo tenha sido concluída.

A colocação do concreto deve ser contínua, e conduzida de forma a não haver interrupções superiores a duas horas, caso a temperatura ambiente seja cerca de 24ºC ou menos. Para temperaturas mais elevadas, o tempo máximo de interrupções deverá ser de no máximo de uma hora.

Nas interrupções dos lançamentos do concreto, as juntas de construção deverão ter os cuidados já descritos no preparo dos lançamentos.

As juntas de construção deverão ser aproximadamente horizontais, a não ser quando indicado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

As etapas de concretagem devem ser cuidadosamente definidas e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO. A concretagem da laje de fundo deverá ocorrer até o limite superior da mísula (caso detalhado em projeto) ou a 15cm acima da laje, conforme indicado abaixo. O mesmo procedimento deve ser aplicado para a laje de topo, no caso de galerias e bueiros.

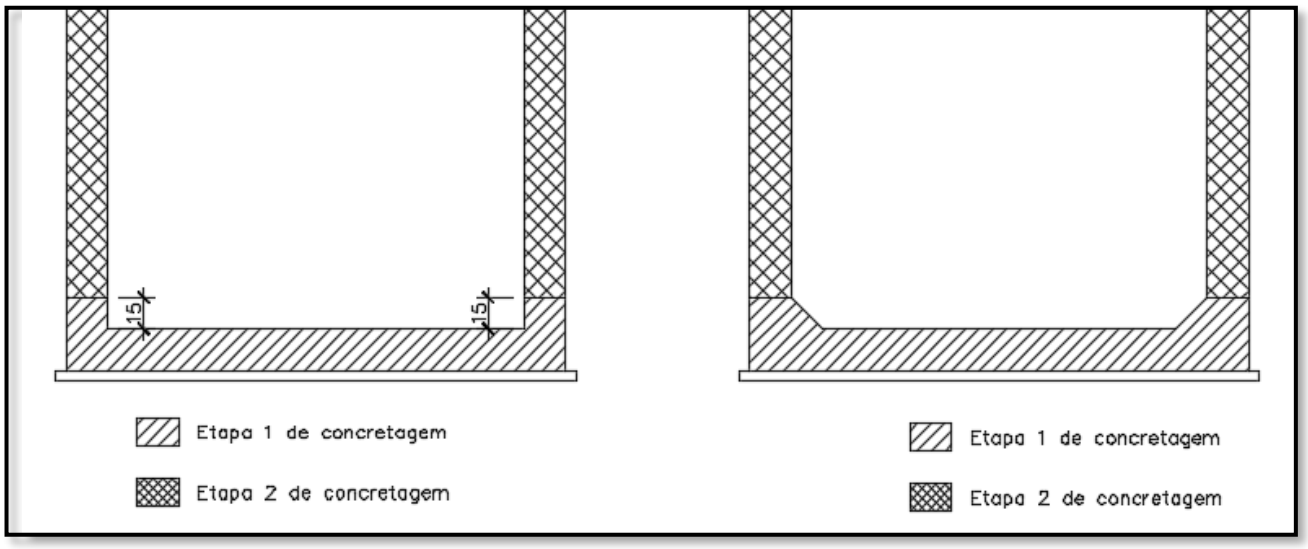


Figura 3.1 – Etapas de concretagem

O concreto deve formar uma pedra artificial compacta e estanque com superfícies lisas nas faces expostas, não deverá haver manchas, nem vazamentos, e as fissuras devido à retração devem ser reparadas, não poderão haver eflorescências nem reação álcali agregado, o concreto deverá ser garantido para uma vida útil de no mínimo 50 anos. Quando qualquer parte de concreto ficar poroso, ou apresentar qualquer outro defeito, deve ser retirado e substituído, total ou parcialmente, como for exigido pela FISCALIZAÇÃO.

3.8.2 Adensamento

O concreto deverá ser adensado até a densidade máxima praticável, livre de bolsas de ar e de vazios entre agregados graúdos, ficando aderido a todas as superfícies das formas e dos materiais embutidos.

O adensamento do concreto em estruturas deverá ser feito por vibradores do tipo imersão, com acionamento elétrico ou pneumático.

Antes do início do lançamento do concreto, todos os vibradores a ar comprimido e as mangueiras deverão ser inspecionados para verificação de possíveis defeitos.
Quando imersos no concreto, os vibradores, cujo tubo vibratório tenha diâmetro igual ou superior a 10 cm, deverão ser operados com velocidades de, pelo menos, 6.000 rpm e os de diâmetro inferior a 10 cm com velocidades de, pelo menos, 7.000 rpm.

O vibrador deverá operar no adensamento do concreto em posição próxima da vertical, deixando o tubo vibratório penetrar e revibrar o concreto na parte superior.

Deverão ser tomadas precauções para evitar o contato dos tubos vibratórios com as faces das formas, aço da armadura e partes embutidas.

Deverá ser evitada vibração excessiva que possa causar segregação e exsudação.

3.9 CURA E PROTEÇÃO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

A CONTRATADA deve ter em seu poder, para uso imediato, todos os materiais e equipamentos necessários para a cura adequada e proteção do concreto antes que se inicie a concretagem. A cura deve ser iniciada imediatamente após o início da pega do concreto.

Em geral, o concreto deve ser curado como segue:

3.9.1 Cura com Água

O concreto de cimento Portland comum, curado com água, deverá ser mantido úmido pelo menos durante 14 dias.

A cura com água deverá começar assim que o concreto tenha endurecido suficientemente para evitar danos devidos ao umedecimento da superfície. As superfícies a serem cobertas, ou preenchidas com solo, só necessitam ser curadas até ser colocado o referido aterro.

O concreto deverá ser mantido úmido, sendo coberto por um material saturado de água como, por exemplo, uma camada de areia ou por um sistema de tubos perfurados, ou aspersão mecânica, ou por qualquer método que mantenha todas as superfícies a serem curadas continuamente (não periodicamente) molhadas.

No caso de se utilizar manta para cura de concreto, utilizar aquelas associadas a filme plástico, preferencialmente, que no uso atenderá às especificações do fabricante, o tempo de cura com água poderá ser reduzido, mas nunca menor que 4 dias completos consecutivos, contados a partir do término do lançamento do concreto neste trecho.

Esta redução do prazo de cura dependerá das condições climáticas, e deverá ser aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

As fôrmas em contato com concreto novo deverão ser também mantidas molhadas, de modo a conservar a superfície do concreto novo, tão fria quanto possível.

A água utilizada na cura do concreto deverá atender às mesmas exigências que a água usada no amassamento do concreto.

3.9.2 Cura Química

Os compostos para cura química devem ser usados de acordo com as indicações do fabricante, depois de aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

3.10 ACABAMENTO E MÉTODOS DE ACABAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.10.1 Geral

As classes de acabamento e as exigências para cada tipo de acabamento das superfícies de concreto deverão ser como especificadas neste item. O acabamento de superfícies de concreto somente deverá ser executado por pessoal habilitado. A CONTRATADA deverá manter a FISCALIZAÇÃO a par da ocasião em que o acabamento em concreto será executado. O acabamento em concreto deverá ser executado somente na presença de representante da FISCALIZAÇÃO.

As superfícies de concreto serão verificadas, onde necessário, para determinar se as irregularidades das superfícies estão dentro dos limites aqui especificados. As irregularidades de superfície são classificadas como abruptas ou graduais.

Ressaltos causados por deslocamentos ou desvios do revestimento, do forro das fôrmas, de seções de fôrmas, ou por outro defeito no revestimento delas, serão considerados como irregularidades abruptas e serão verificados por medição direta.

Todas as outras irregularidades serão consideradas como irregularidades graduais e serão verificadas pelo emprego de gabarito, que será uma régua, ou seu equivalente para superfícies curvas. O comprimento do gabarito será de 1,5 m para verificação de superfícies de acabamento tipo F3 e U3 e de 3 m para verificação de superfícies de outros tipos.

O acabamento de superfícies de concreto deverá ser preciso, perfeito, liso e livre de rebarbas, buracos, depressões, vazios, manchas e outros defeitos prejudiciais tal como especificado neste item.

Imediatamente após a remoção das fôrmas, o acabamento da superfície deverá ser inspecionado e submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO. A aprovação da superfície levará em conta o tipo de acabamento especificado e a localização da superfície na Obra.

Cuidado especial deverá ser tomado no adensamento e acabamento de concreto sujeito à abrasão, ou cavitação, por ação da água, para se ter certeza de que as superfícies completadas sejam lisas, duras, densas e isentas de concentrações de agregado fino e pasta de cimento endurecido.

Os acabamentos a serem dados às várias superfícies serão como especificados adiante. No caso de acabamentos não claramente especificados aqui, o acabamento a ser usado deverá ser aquele especificado para superfícies similares adjacentes ou de acordo com a determinação da FISCALIZAÇÃO.

3.10.2 Superfícies de Concreto Colocadas contra Fôrmas

As classes de acabamento para superfícies de concreto colocado contra formas, exceto as superfícies para as quais sejam exigidos acabamentos especiais, serão indicadas pelos símbolos F1, F2 e F3.

Não será necessário esmerilhamento em tais superfícies, a não ser aquele indicado para correção de imperfeições das mesmas, como já especificado. Salvo especificação em contrário, as classes de acabamento serão as seguintes:

3.10.2.1 Acabamento F1

O acabamento F1 aplica-se a superfícies sobre, ou contra, as quais o concreto deverá ser colocado. As superfícies não exigem tratamento depois da remoção da forma, exceto para reparo do concreto defeituoso, e enchimento de cavidades deixadas pela remoção dos fixadores das formas, como exigido no item "Reparos no Concreto".

A correção das irregularidades, neste tipo de superfície, será necessária somente para as depressões cujas medidas excedam a 3,0 cm.

3.10.2.2 Acabamento F2

O acabamento F2 aplica-se a superfícies que não estejam permanentemente cobertas por material de enchimento, ou concreto, ou que não requeiram acabamento F3. Exceto como doravante previsto, as irregularidades medidas de superfície em acabamento F2 não poderão exceder a 6 mm para irregularidades abruptas, e 12 mm para irregularidades graduais.

3.10.2.3 Acabamento F3

O acabamento F3 aplica-se às superfícies para as quais o alinhamento exato e a regularidade sejam de importância do ponto de vista da eliminação de efeitos destrutivos ao fluxo da água ou em outros casos, a critério da FISCALIZAÇÃO.

As irregularidades de superfície com acabamento F3, medidas como descritas anteriormente, não poderão exceder a 6 mm para irregularidades abruptas paralelas à direção do fluxo, e a 3 mm, para irregularidades abruptas não paralelas à direção do fluxo, ou para irregularidades abruptas de superfície, cuja aparência seja de importância especial. Nas juntas de construção, não serão permitidas irregularidades abruptas.

As irregularidades graduais não deverão exceder a 6 mm.
Todas as irregularidades maiores do que as especificadas para esta classe de acabamento deverão ser eliminadas por esmerilhamento em bisel, cuja razão da altura pelo comprimento é de 1 para 20, no caso de superfícies consideradas de importância especial. Para superfícies sujeitas à ação da água, o esmerilhamento em bisel será de 1 para 50, e de acordo com indicações da FISCALIZAÇÃO.

3.10.3 Superfícies Obtidas sem Fôrmas

As classes de acabamento para superfícies de concreto lançado sem uso de formas são indicadas pelos símbolos U1, U2 e U3. As superfícies interiores serão inclinadas para permitir drenagem, onde indicado nos desenhos de forma, ou determinado pela FISCALIZAÇÃO. As superfícies que serão expostas ao tempo e que normalmente seriam horizontais deverão ser inclinadas para permitir a drenagem, de acordo com os desenhos ou determinações da FISCALIZAÇÃO. Salvo especificação em contrário, estas classes de acabamento aplicam-se do seguinte modo:

3.10.3.1 Acabamento U1

O acabamento U1 (nivelamento à régua) aplica-se a superfícies que serão cobertas por material de reaterro, de enchimento, ou por concreto.

O acabamento U1 é também usado como o primeiro estágio dos acabamentos U2 e U3.
As operações de acabamento deverão consistir no espalhamento de concreto, e passes de régua suficientes para produzir superfícies uniformes e niveladas.

As irregularidades de superfície medidas não poderão exceder a 15 mm.

3.10.3.2 Acabamento U2

O acabamento U2 (acabamento à desempenadeira) aplica-se a superfícies que não estejam permanentemente cobertas por material de enchimento, aterro, ou concreto, ou não necessitem receber o acabamento U3.

O acabamento U2 é também usado como o segundo estágio do acabamento U3. O alisamento poderá ser executado pelo uso de equipamento manual, ou mecânico. O alisamento deverá ser iniciado tão logo a superfície nivelada à régua tenha endurecido suficientemente, e deverá ser o mínimo necessário para produzir uma superfície que seja isenta de marcas de régua e de textura uniforme.

Quando o acabamento U2 tiver que ser aplicado, o alisamento será contínuo, até que uma pequena quantidade de argamassa, sem água em excesso, venha à superfície, a fim de permitir alisamento efetivo por desempenadeira.

As irregularidades da superfície no acabamento U2 medidas não poderão exceder a 6 mm. As juntas e bordas deverão ser trabalhadas onde mostrado nos desenhos, ou onde for determinado pela FISCALIZAÇÃO.

3.10.3.3 Acabamento U3

O acabamento U3 será aplicado aos mesmos tipos de superfícies para as quais é exigido o acabamento F3.

Onde o acabamento U3 for indicado, o alisamento com desempenadeira de aço, pá mecânica, ou similar, deverá ser iniciado, quando a superfície já alisada tenha endurecido suficientemente para evitar que seja arrastado o excesso de material fino para a superfície.

O alisamento com desempenadeira de aço deverá ser executado com certa pressão, de modo a aplainar a textura arenosa da superfície já alisada, e produzir uma superfície densa e uniforme, livre de manchas ou marcas de colher. O alisamento não deverá ser exagerado a ponto de provocar excesso de calda junto à superfície.

As irregularidades graduais de superfície medidas não poderão exceder a 6 mm, e não serão permitidas quaisquer irregularidades abruptas.

3.11 REPAROS NO CONCRETO

O concreto que for danificado por qualquer causa, o concreto com ninhos, fraturado, com depressões excessivas, ou com outros defeitos deverá ser removido e substituído por argamassa ou concreto, conforme especificado adiante.

Exceto em casos muito excepcionais, os reparos das imperfeições, no concreto executado com fôrmas, deverão ser feitos imediatamente após a remoção das mesmas.

O enchimento com argamassa poderá ser usado para reparar defeitos em superfícies, quando as áreas defeituosas forem extensas e rasas.

O enchimento com concreto deverá ser usado para cavidades que se estendam através da seção de concreto, para furos onde não haja armadura e que tenham área superior a 1.000 cm², e profundidade superior a 10 cm, e para cavidades, em concreto armado, que tenham área superior a 500 cm² e que se prolonguem além da armadura.

Em áreas sujeitas a escoamento de água em alta velocidade, os reparos de depressões deverão ser feitos com argamassa preparada com Sika Top 122 ou similar, previamente aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

Todo o concreto defeituoso deverá ser removido, bem como pelo menos 2 cm de concreto são, ao longo de todas as superfícies de contorno do reparo.

O concreto deverá ser cortado em forma de cunha, com as bordas em ângulos próximos a 90º.
Todos os enchimentos deverão ficar firmemente ligados às superfícies dos furos e não apresentar trincas de retração depois de curados e secos.

3.12 TOLERÂNCIAS PARA CONSTRUÇÃO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.12.1 Geral

As irregularidades admissíveis das superfícies de concreto, de acordo com o especificado, deverão ser diferenciadas das tolerâncias descritas a seguir.

A FISCALIZAÇÃO se reserva o direito de reduzir os valores das tolerâncias aqui definidos, se esses prejudicarem a ação estrutural, ou operação funcional da estrutura.

Quando não forem estabelecidas as tolerâncias para qualquer estrutura individual, ou parte da mesma nessas especificações, ou nos desenhos, os desvios permissíveis serão estabelecidos de acordo com as determinações da FISCALIZAÇÃO.

3.12.2 Tolerâncias em relação a alinhamentos, cotas e dimensões de projeto

A CONTRATADA será responsável pela locação, colocação e manutenção das fôrmas de concreto, de modo que os desvios das diversas estruturas em relação aos prumos, níveis, alinhamentos, perfis e dimensões indicadas nos desenhos de projeto se mantenham dentro dos limites de tolerâncias preconizadas pela NBR14931 e NBR6118.

As estruturas de concreto serão verificadas pela FISCALIZAÇÃO, sendo objeto das inspeções e medições necessárias para determinar se os alinhamentos, cotas e dimensões de projeto respeitam as tolerâncias indicadas na NBR14931, principalmente o preconizado no seu item 9.2.4.

3.13 ARMADURA DE AÇO

3.13.1 Geral

Serão consideradas armaduras para concreto armado, as que satisfaçam a NBR 7480 da ABNT.

As barras não poderão apresentar defeitos prejudiciais tais como: fissuras, esfoliações, bolhas, oxidação excessiva e corrosão.

Deverão ser rejeitadas as barras que não satisfizerem a esta especificação. Se a porcentagem de barras defeituosas for elevada, de modo a tomar praticamente impossível a sua separação e rejeição, todo o conteúdo deverá ser rejeitado.

As tolerâncias, amostragens, condições de aceitação, rejeição do lote e ensaios, deverão seguir às determinações da norma NBR 7480

De acordo com as normas da ABNT, deverá ser utilizado o seguinte tipo de aço:

- CA-50
- ϕmáx. = 3/4" (20 mm);
- Barras nervuradas.

3.13.2 Projeto

Os desenhos de armadura e a relação de ferros indicando as dimensões de corte e dobramento serão fornecidos pela PROJETISTA.

Se o material com os diâmetros especificados não estiver disponível no local da obra, a FISCALIZAÇÃO poderá determinar o emprego de outros diâmetros, com as necessárias modificações, desde que seja comunicado à PROJETISTA.

3.13.3 Corte e Dobramento

A armadura de aço deverá ser cortada a frio e dobrada com equipamento adequado, de acordo com prática usual, e as normas da ABNT. Não será permitido o aquecimento do aço da armadura para facilitar o dobramento.

A armadura de aço preparada para colocação será guardada de modo adequado, a fim de evitar o contato com o solo e lama, bem como deverá ser etiquetada, para permitir pronta identificação.

3.13.4 Colocação da Armadura

A armadura, antes de ser colocada em sua posição definitiva, deverá ser totalmente limpa, ficando isenta de terra, graxa, tinta, carepas e substâncias estranhas, que possam reduzir a aderência, e deverá ser mantida limpa até que esteja completamente embutida no concreto.

A armadura de aço deverá ser apoiada na posição definitiva, como indicado nos desenhos, e de maneira tal que suporte, sem deslocamentos, as operações de lançamento do concreto. Isso poderá ser obtido com o emprego de barras de aço, blocos pré-moldados de argamassa, ganchos de metal ou outros dispositivos aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Não será permitida a colocação de armadura de aço em concreto fresco.

Não será permitido o reposicionamento das barras quando o concreto estiver no processo de endurecimento.

O cobrimento das barras deverá ser como especificado nas normas e desenhos de construção, dentro das tolerâncias determinadas pela FISCALIZAÇÃO.A menos que especificado de outro modo, o cobrimento mínimo não deverá ser inferior a 4,0 cm.

Nas juntas de construção, onde as barras podem permanecer expostas durante um longo período, as mesmas deverão ser protegidas contra corrosão.

3.13.5 Emendas nas Barras da Armadura

As emendas deverão ser executadas, rigorosamente, como indicado nos desenhos de projeto.

Não serão permitidas emendas por solda no local de colocação das barras.

Toda a solda estará conforme a Norma AWS 1.12.1 "*Recommended Practices for Welding Reinforcing Steel Metal Inserts and Connections in Reinforced Concrete Construction".*

As emendas por solda, caso existam, deverão suportar no mínimo 125% da tensão de escoamento das barras quando ensaiadas à tração. Qualquer outro tipo de emenda deverá igualar em resistência a uma emenda por caldeamento. Emendas tipo Cadweld, ou equivalente, deverão ser executadas de acordo com as instruções do fabricante.

O concreto não poderá ser lançado antes que a FISCALIZAÇÃO tenha inspecionado e aprovado a colocação da armadura.

4.0 EXECUÇÃO DOS FUROS E INSTALAÇÃO DAS BARRAS DE ANCORAGEM

Para a execução dos furos e instalação das barras de ancoragem a área compreendida por elas deverá ser drenada até 1,0m abaixo da cota de fundo das mesmas.

Os furos deverão ser executados por equipamento rotativo, roto-percussivo, percussivo ou a trado, conforme necessário ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Os furos deverão ter diâmetro de 15 cm.

Após a perfuração, o furo deverá ser limpo de maneira que não fique nenhuma obstrução interna que possa dificultar a inserção da barra de ancoragem e a injeção da argamassa.

A instalação das barras de aço deverá ser feita com a utilização de espaçadores, de forma a garantir a sua equidistância das paredes do furo.

Para evitar a segregação da argamassa, a mesma deverá ser introduzida no furo através de uma mangueira, ou tubo de PVC, com diâmetro adequado, de forma a permitir o fluxo do material. O lançamento deverá ser feito a partir do fundo do furo, com alçamento gradativo da mangueira ou tubo até que o furo seja totalmente preenchido.

A introdução da argamassa poderá ser feita antes ou após o posicionamento da barra de aço, conforme conveniência executiva, tomando-se os devidos cuidados para garantir o adequado preenchimento do furo e cobrimento da barra.

Argamassa de cimento e areia, fck≥20 MPa, de baixa retração. Usar INTRAPLAST-N, da Sika ou equivalente.

No período entre o início da pega e o endurecimento do material de preenchimento (3 dias) não será permitido qualquer trabalho ou atividade que provoque qualquer esforço na barra e consequente dano ao material de preenchimento.

5.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO		
Razão social:	DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA	http: www.dfmais.eng.br
CNPJ:	07.214.006/0001-00	
Belo Horizonte / MG - *dfmais@dfmais.eng.br* - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001		

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão do Documento
Iara Couto	IC	Concreto	Revisão do Documento
Gabriela Leite	GL	Concreto	Dimensionamento Estrutural/Elaboração do Documento



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br

TE: TIPO EMISSÃO — A - PRELIMINAR; B - PARA APROVAÇÃO; C - PARA CONHECIMENTO; D - PARA COTAÇÃO; E - PARA CONSTRUÇÃO; F - CONFORME COMPRADO; G - CONFORME CONSTRUÍDO; H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	EMISSÃO INICIAL	MJ	TO/JF	TO	OM	29/09/20
0	C	APROVADO	MJ	TO/JF	TO	OM	15/10/20
1	C	APROVADO – ATUALIZAÇÃO DE NUMERAÇÃO DE REFERÊNCIA DE DESENHOS – ATUALIZAÇÃO DE QUANTITATIVOS NO ITEM 12.0	MJ	TO/JF	TO	OM	22/10/20
2	C	APROVADO – ATUALIZAÇÃÇO DE NUMERAÇÃO DE REFERÊNCIA DE DESENHOS – ITEM 14.6	MJ	TO/JF	TO	OM	26/10/20

SUMÁRIO

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	OBJETIVO	3
3.0	ESCOPO E ABRANGÊNCIA DOS SERVIÇOS	3
4.0	DEFINIÇÕES	5
5.0	PREMISSAS	7
6.0	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	10
7.0	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS	11
8.0	LOCAÇÃO DAS OBRAS	14
9.0	SERVIÇOS PRELIMINARES	15
10.0	INTERFERÊNCIAS	17
11.0	ALTEAMENTO DO MACIÇO	20
12.0	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO COMPLEMENTAR	52
13.0	DISPOSIÇÃO DE REJEITOS	68
14.0	CANAL DE LAMAS	68
15.0	SISTEMA EXTRAVASOR	82
16.0	REVESTIMENTO VEGETAL	90
17.0	QUANTITATIVOS	92
18.0	MONITORAMENTO DA OBRA DURANTE A ELEVAÇÃO	92
19.0	GARANTIA DA QUALIDADE	92
20.0	EQUIPE TÉCNICA	99
21.0	ANEXOS	100
APÊNDICE A – METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS DE CONTROLE DE CONSTRUÇÃO EM MATERIAIS DE GRANULOMETRIA GROSSA		100

1.0 INTRODUÇÃO

O presente documento, elaborado pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos, corresponde às Especificações Técnicas Construtivas de materiais e serviços para a elaboração do Projeto Detalhado de Alteamento da Barragem BR para a elevação 1.210 m, considerando a revisão na geometria do maciço com o intuito de mitigar o modo de falha de liquefação. A estrutura em questão está localizada no município de Tapira, Estado de Minas Gerais.

2.0 OBJETIVO

A presente especificação técnica objetiva conceituar, definir e especificar os procedimentos a serem cumpridos durante as obras de alteamento para a elevação 1210,0 m da Barragem BR.

Os serviços deverão ser executados de acordo com os Desenhos de Projeto, Normas Técnicas Brasileiras da ABNT, bem como as indicações presentes nesta especificação.

3.0 ESCOPO E ABRANGÊNCIA DOS SERVIÇOS

As obras de elevação da Barragem BR incluirão, de forma detalhada sem a eles se limitar, os seguintes serviços:

- Mobilização e desmobilização;
- Instalações provisórias;
- Locação das obras;
- Obra de Elevação:
  - Tratamento de Fundação (desmatamento, destocamento e limpeza);
  - Escavação, carga e transporte de solos;
  - Pilhas de estoque de materiais;
  - Proteção de superfícies expostas;
  - Aterro compactado;
  - Controle tecnológico dos materiais e de compactação;
  - Proteção vegetal do maciço da barragem;
  - Instalação de instrumentação de controle.
  - Adequação da instrumentação existente;
- Drenagem Superficial:
  - Tratamento de Fundação (desmatamento, destocamento e limpeza);
  - Escavação, carga e transporte de solos;
  - Pilhas de estoque de materiais;
  - Lançamento e espalhamento de materiais;
  - Execução de Canaletas de Berma em concreto;
  - Execução de Canais de cintura;
- Drenagem Interna:
  - Prolongamento da camada de enrocamento existente;

  - Prolongamento das camadas de transição existente;
  - Execução de drenagem nas ombreiras, em areia até a elevação 1.185,0 m;
  - Execução de transição, em areia, nas ombreiras, após a elevação 1.185,0 m;
- Execução do Sistema Extravasor:
  - Tratamento de Fundação (desmatamento, destocamento e limpeza);
  - Escavação, carga e transporte de solos;
  - Pilhas de estoque de materiais;
  - Proteção de superfícies expostas;
  - Proteção em enrocamento.
  - Execução de galeria em Concreto;
  - Execução de trecho em degraus do canal extravasor em Concreto;
- Monitoramento complementar:
  - Instalação do plano de monitoramento complementar.
- Interferências:
  - Remoção dos medidores de vazão existente;
  - Remoção de canaletas de drenagem;
  - Deslocamento do sistema de vídeo monitoramento existente;
  - Deslocamento da rede elétrica existente;
  - Remoção do solo mole existente a jusante da barragem;
  - Obstrução do sistema extravasor atual no alinhamento do maciço projetado;
  - Demolição dos marcos superficiais existentes;
  - Remoção da ensecadeira existente a jusante;
  - Compatibilização de bases topográficas;
  - Deslocamento da balsa para captação de água existente;
  - Adequação da Microssísmica, da torre de transmissão de sinal e inclinômetro, a serem implantados no corrente ano, ao projeto executivo em questão.
- Revestimento Vegetal;
- Manutenção da Praia;
- Plano de Disposição de Rejeitos;
- Canal de Lamas;
  - Tratamento de Fundação (desmatamento, destocamento e limpeza);
  - Escavação, carga e transporte de solos;
  - Aterro compactado;
  - Execução do Bueiro e bacia em enrocamento do canal de lamas.
- Sequência Construtiva;
- Planilha de Quantitativos;

<u>É importante ressaltar que durante as atividades da obra, a CONTRATADA deverá manter o nível de água do reservatório a uma distância mínima de 120 m da crista da barragem. Além disso, a deverá dispor de sistema de bombeamento eficiente para garantir que o material de fundação se mantenha não saturado na região próxima ao pé da estrutura.</u>

4.0 DEFINIÇÕES

Para efeito destas especificações técnicas, serão estabelecidas algumas definições.

CONTRATANTE

MOSAIC Fertilizantes, proprietária da obra, entidade para a qual serão executados os serviços descritos neste documento.

EQUIPE TÉCNICA

Técnicos da MOSAIC Fertilizantes envolvidos na implantação do projeto e no acompanhamento das obras junto à FISCALIZAÇÃO.

FISCALIZAÇÃO

Empresa e/ou consultores a serem contratados pela CONTRATANTE para execução do controle da qualidade da obra (garantia de qualidade) e medições dos serviços descritos nestas especificações.

CONTRATADA

Empresa especializada em construções de barragens contratada pela CONTRATANTE para a execução dos serviços descritos neste documento.

PROJETISTA

Empresa que desenvolveu o projeto e que, portanto, é a responsável técnica (RT) pelo mesmo. Deve receber, analisar e se posicionar junto à CONTRATANTE e/ou CONTRATADA quanto a dúvidas, desvios e solicitações de alterações e melhorias no projeto.

ATO – ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DE OBRA

Empresa ou profissional especializado em obras de barragens contratada pela CONTRATANTE para o acompanhamento técnico da execução dos serviços, de modo a garantir aderência entre projetado e implantado. Responsável pelo encaminhamento de solicitações de alterações de projeto, coleta ou armazenamento de registros da construção, relato de não conformidades e demais atividades imprescindíveis à garantia de segurança da obra.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ESCAVAÇÕES

Estão compreendidas dentro desta classificação as escavações realizadas em solos argilosos, arenosos e saprolíticos, pedregulhos, cascalhos, seixos, blocos de laterita, fragmentos de rocha de até 1 m^3 de volume e materiais similares de qualquer espessura, dispostos em áreas, contínuas ou descontínuas, entremeadas ou não por afloramentos de rocha, com ou sem matéria orgânica e raízes.

Ressalta-se que o topo rochoso corresponde ao limite inferior do material escavável com lâmina de trator CAT-D6 ou similar e classificado como escavação comum.

De acordo com os locais de execução, com as dimensões e com os equipamentos empregados, as escavações comuns serão classificadas conforme descrito a seguir.

4.1.1 Escavações em Solo Coluvionares, Residuais e Saprolíticos

Enquadram-se nesta classificação as escavações realizadas em solos coluvionares, residuais e saprolíticos da escavação obrigatória e em eventuais áreas de empréstimo, com equipamentos convencionais de terraplenagem, incluindo aquelas necessárias à obtenção de materiais para a execução das obras de terra.

Estas escavações serão executadas dentro das áreas indicadas para exploração nos documentos de licitação e em outras áreas, conforme orientação da MOSAIC. A exploração em locais de implantação de obras permanentes ou provisórias, somente será executada após a aprovação da MOSAIC e dentro dos limites estabelecidos pelos desenhos aprovados para construção.

A escavação e o estoque provisório dos materiais serão feitos segundo o planejamento da CONTRATADA, e deverão ser aprovadas pela MOSAIC, sem que tal aprovação signifique que todo o material escavado seja adequado à construção dos aterros. A MOSAIC liberará, nas áreas de escavação e de estoque, os materiais adequados para emprego nos aterros previstos.

A camada de solo orgânico (espessura da ordem de 30 cm) deverá ser removida e estocada para eventual utilização posterior em recuperação de áreas escavadas, ou conforme definido pela MOSAIC.

O material que, pelas suas características e a critério da MOSAIC e do ATO, for considerado inadequado para utilização na execução das obras de terra e aterros, será lançado em áreas de bota-fora.

Quando for possível, os materiais escavados deverão ser transportados para os locais de aplicação em condição de uso imediato. Caso contrário, deverão ser adequadamente estocados, para uso futuro ou lançados em áreas de bota-fora.

Durante sua utilização as superfícies de escavação, bem como os caminhos de serviço, deverão ser mantidas em condições que garantam a trafegabilidade dos equipamentos.

4.1.2 Escavação, Carga e Transporte de Material de 2ª Categoria

Nesta especificação estão incluídas as operações de escavação, carga, transporte e estocagem de solos de material de 2ª categoria previsto na escavação do fundo do

reservatório e em zonas superficiais de exploração da jazida. Estes materiais correspondem àqueles com resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização de equipamento de escarificação, podendo eventualmente envolver o uso de explosivos ou processos manuais adequados. Incluem-se nesta classificação materiais com ocorrência de blocos de rocha de volume inferior a 2,00 m³.

O material de 2ª categoria destina-se à formação de estoque na área da própria jazida e serão transportados e estocados em local próximo a ser definido pela FISCALIZAÇÃO.

A superfície resultante após a escavação de 2ª categoria, deverá receber uma camada argilosa de 0,20m necessária a regularização de fundo. Este serviço será considerado no item 3.8.1.

4.1.3 Escavação, Carga e Transporte de Material de 3ª Categoria

Nesta ET estão incluídas as operações de escavação, carga de material de 3ª categoria eventualmente presentes nas escavações (blocos residuais), que deverão ser destinados a bota-fora. Esta categoria de materiais corresponde àqueles com resistência ao desmonte mecânico, equivalente ao da rocha não alterada e blocos de rocha com volume igual ou superior à 2,00 m3.

O serviço de desmonte de rocha, deverá obedecer a norma DNIT ES 290/97. É proibido o uso de fogo para desmonte deste material, face à proximidade com o maciço da Barragem BR.

5.0 PREMISSAS

- As premissas e os critérios que foram adotados para o desenvolvimento deste projeto encontram-se detalhados no documento DF19-258-1-EG-RTE-0001;

- Além dos critérios e premissas acordados no documento citado acima, o Fator de Segurança (FS) mínimo, considerando a condição de estabilidade mobilizando a resistência ao cisalhamento liquefeita, deverá, em todas as seções instrumentados, o valor deve ser igual ou superior a 1,25.

5.1 LEGISLAÇÃO VIGENTE

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente especificação, deverão ser obedecidos os requisitos da seguinte coletânea de normas, em suas últimas versões atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas:

Resolução N° 32, de 11 de maio de 2020 – ANM	Altera a Portaria n° 70.389, de 17 de maio de 2017 e dá outras providências.
NBR 13.028/2017	Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – Requisitos.
Lei Estadual (MG) Nº 23.291 de 25 de fevereiro de 2019	Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens.
Resolução ANM Nº 13 de 8 de agosto de 2019	Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado “a montante” ou por método declarado como desconhecido.
Portaria ANM Nº 70.389 de 17 de maio de 2017	Mineração – Criação do cadastro de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração.

No caso da CONTRATADA se apoiar em normas e/ou especificações diferentes das acima mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da CONTRATANTE.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela CONTRATANTE.

5.2 CRITÉRIOS

A CONTRATADA deverá adaptar-se às condições existentes no local de execução dos serviços: as unidades operacionais do Complexo de Mineração de Tapira – CMT de propriedade da MOSAIC Fertilizantes P & K, localizado no município de Tapira, Estado de Minas Gerais.

A CONTRATADA é obrigada a informar, por escrito e em tempo hábil, à CONTRATANTE, e aguardar a decisão também por escrito, sempre que julgar que as instruções dadas pela FISCALIZAÇÃO impossibilitem ou coloquem em dúvida o cumprimento das normas a serem observadas por ela, a sua obrigação de garantia ou o cumprimento dos prazos e custos definidos.

No manuseio de seus equipamentos, a CONTRATADA deverá observar as disposições vigentes na legislação, as normas gerais e especiais de proteção no trabalho e prevenção contra acidentes, as demais disposições legais, bem como as recomendações para a

segurança, higiene e proteção, baixadas pelo Ministério do Trabalho, Área de Segurança da CONTRATANTE, CIPA e outros órgãos afins.

Se a CONTRATANTE, sua FISCALIZAÇÃO ou outras entidades competentes verificarem quaisquer infrações contra essas normas, a CONTRATADA deverá saná-las por sua conta, nas condições prescritas, pela Norma respectiva.

A Área de Segurança da CONTRATANTE paralisará qualquer serviço da CONTRATADA quando esta incorrer em situações que comprometam a vida ou a integridade física de seus funcionários, de funcionários da CONTRATANTE e/ou de terceiros.

Para a execução dos serviços, a CONTRATADA deverá apresentar e fixar em local visível a ART – Anotação de Responsabilidade Técnica.

Os quantitativos apresentados no presente documento poderão, ou não, ser realizados em sua totalidade. Somente o quantitativo efetivamente executado será medido, não cabendo à CONTRATADA, quaisquer questionamentos.

Os serviços técnicos somente deverão ser iniciados após a mobilização e aprovação da CONTRATANTE para realizar qualquer item da planilha de quantidades.

Os itens de medição serão definidos considerando a natureza dos serviços. Possíveis retrabalhos, sob responsabilidade da CONTRATADA, serão sem ônus para CONTRATANTE e alvo de retenção de pagamento até a regularização destes.

Atividades não realizadas dentro do período de validade da Ordem de Serviços (OS), por motivos imputados somente à CONTRATADA, poderão ser alvo de multa por atraso. No caso de erros de execução por parte da CONTRATADA, a mesma será responsável por arcar com todos os custos gerados.

5.3 PADRÕES E NORMAS

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente especificação, deverão ser obedecidos os requisitos das seguintes normas, em suas últimas versões, atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas:

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- AWWA - American Water Works Association;
- ASTM - American Society for Testing and Materials;
- ISO - International Organization for Standardization.

Deverão ser atendidas as restrições ambientais de todos os órgãos reguladores.

No caso da CONTRATADA se apoiar em Normas e/ou especificações diferentes das mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da CONTRATANTE, da FISCALIZAÇÃO e da PROJETISTA.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela CONTRATANTE, FISCALIZAÇÃO e pela PROJETISTA.

6.0 MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO

6.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

A CONTRATADA deverá iniciar sua mobilização imediatamente após a emissão da Ordem de Serviços (OS) pela CONTRATANTE e concluir os trabalhos dentro dos prazos propostos por ela, de acordo com as datas-marco estabelecidas.

A mobilização deverá incluir:

- Transporte dos equipamentos, maquinários e materiais da CONTRATADA de seus pontos de origem ao local da obra, no Município de Tapira, Minas Gerais;
- Contratação ou deslocamento de mão de obra já contratada para o local da obra;
- Treinamento da mão de obra;
- Acomodação da mão de obra em alojamento, se necessário;
- Montagem de rede elétrica e adutora para fornecimento de energia elétrica e água à obra;
- Montagem do canteiro de obras, contemplando escritórios, banheiros, refeitório, oficina, almoxarifado, laboratório de controle tecnológico e demais infraestrutura necessária ao bom andamento da obra, sendo que este deverá atender todas as diretrizes das legislações vigentes;
- Montagem do ponto de abastecimento de pipa;
- Abertura de acessos ao canteiro e local da obra.

Fica a CONTRATADA proibida de instalar o canteiro de obra nas ZAS das barragens existentes na região, conforme exposto na Resolução Nº 13 da ANM.

A CONTRATADA deverá apresentar em sua proposta, uma lista completa, juntamente com o respectivo cronograma de mobilização, de todo o equipamento, maquinário, materiais e pessoal a serem empregados durante o cumprimento do contrato, em perfeita concordância com o plano de trabalho por ela proposto, incluindo aparelhos de laboratório para controle de qualidade da obra.

Após o término da execução das obras e serviços, a CONTRATADA deverá efetuar a sua desmobilização, compreendendo, se aprovado pela CONTRATANTE, a remoção de

instalações e construções do canteiro de obras, a desmontagem de redes elétricas e adutoras e a recuperação das áreas nas quais houve supressão de vegetação para implantação de suas instalações e dos caminhos de serviço, dentre outros.

A recuperação das áreas referidas no parágrafo anterior deverá compreender a reconformação topográfica, drenagem superficial, recobrimento e preparo da superfície com solo vegetal e o replantio de vegetação.

Os caminhos de serviço implantados pela CONTRATADA e definidos pela CONTRATANTE como acessos definitivos deverão ser deixados em boas condições de trafegabilidade.

É de responsabilidade da CONTRATADA todo o fornecimento, operação e manutenção do sistema de bombeamento e de outros dispositivos necessários para realizar o esgotamento adequado e manter secas as diversas áreas de construção das Obras Civis, incluindo bombas, calhas, condutos e tubos de drenagem.

6.2 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O pagamento dos serviços será feito a preço contratual global para mobilização e desmobilização, conforme planilha de preços. Esta verba remunera integralmente os custos envolvidos nas atividades e providências constantes deste item.

Esta verba será medida e paga de acordo com o proposto pela CONTRATANTE.

7.0 INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS

7.1 IMPLANTAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS / LABORATÓRIO DE SOLOS

Na área colocada à sua disposição pela CONTRATANTE, a CONTRATADA deverá construir reformar ou adequar as instalações existentes para que sejam por ela utilizadas como escritórios, laboratório de controle tecnológico e demais instalações necessárias ao bom andamento das obras. O "*layout*" do canteiro de obras deverá ser aprovado pela CONTRATANTE antes do início de sua implantação.

A construção das unidades físicas, incluindo laboratório de solos e concretos para a realização de ensaios geotécnicos e de controle tecnológico do concreto, deverão ser compatíveis com as necessidades da obra, considerando o prazo de execução e características físicas de seus componentes, a serem definidos pela CONTRATADA e aprovados pela CONTRATANTE.

Todas as operações de destocamento e limpeza, remoção e estocagem de solo vegetal, cargas e transportes de solos, lançamentos, espalhamentos e compactação de solos, e recargas e transportes de solos estocados envolvidos na implantação do canteiro de obras e laboratório de solos, bem como na recuperação das áreas quando de sua desmobilização, serão de total responsabilidade da CONTRATADA, sem nenhum ônus adicional para a CONTRATANTE, além dos valores previstos pela CONTRATADA em sua proposta.

No projeto de instalação do canteiro de obras/laboratório de solos, a CONTRATADA deverá observar a prescrição das Normas Técnicas com relação ao número mínimo de banheiros, chuveiros, vestiários etc.

Todas as áreas utilizadas pela CONTRATADA, situadas fora da área do reservatório, deverão ser recuperadas e revegetadas após o término de suas atividades na obra, de acordo com as exigências da legislação ambiental e dos documentos de contratação.

Os taludes de escavação e aterro que se mostrarem instáveis, localizados em áreas de empréstimo ou em escavações provisórias, deverão ser abatidos e regularizados, de modo a garantir a sua estabilidade. Todos os taludes serão protegidos contra a erosão.

7.2 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS / LABORATÓRIO DE SOLOS

Serão de exclusiva responsabilidade da CONTRATADA, todos os serviços de operação e manutenção do canteiro de obras/laboratório de solos.

A CONTRATANTE poderá suspender os pagamentos referentes a este item se houver atraso nos prazos de construção e/ou mobilização constantes do cronograma de construção apresentado pela CONTRATADA em sua proposta.

No final dos serviços, a CONTRATADA deverá remover todas as suas instalações e recuperar a área através de drenagem e revegetação, conforme determinado pela CONTRATANTE.

Será de exclusiva responsabilidade da CONTRATADA o fornecimento provisório de energia elétrica ao canteiro de obras e acampamento durante a sua implantação, através de grupos geradores ou por outros meios, assim como o fornecimento definitivo de energia elétrica ao canteiro durante a execução das Obras Civis.

7.3 IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS CAMINHOS DE SERVIÇOS

Os caminhos de serviço deverão ser implantados com geometria (raios, rampas, largura etc.) compatível com os equipamentos e planejamento da construção propostos pela CONTRATADA, incluindo atividades de supressão vegetal, escavação, transporte e aterro.

Os leitos dos caminhos deverão ter revestimento primário, devendo a CONTRATADA implantar um sistema de drenagem, a ser aprovado pela CONTRATANTE, para evitar erosões decorrentes da abertura dos caminhos.

7.4 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

7.4.1 Implantação do Canteiro de Obras / Laboratório de Solos e Concreto

Estes serviços serão pagos a preço global contratual para implantação do canteiro de obras/laboratório de solos e concreto, ofertado na planilha de preços. Esta verba remunera, integralmente, os custos envolvidos nas operações de supressão vegetal; destocamento e limpeza; remoção e estocagem de solo vegetal; carga e transporte de solos; compactação de solos; fornecimento de materiais; implantação e construção de edificações; fornecimento de materiais e implantação das demais instalações e infraestrutura, incluindo laboratório para ensaios geotécnicos e de concretos, e tudo o mais necessário à perfeita consecução do canteiro de obras/laboratório de solos e concreto, inclusive a remoção futura de instalações e reintegração da área utilizada ao meio ambiente.

7.4.2 Operação e Manutenção do Canteiro de Obras / Laboratório de Solos

Estes serviços serão pagos através de verba mensal contratual, conforme ofertado na planilha de preços. Esta verba remunera, integralmente, todos os serviços de mão de obra, materiais permanentes e de consumo, equipamentos e tudo o mais necessário para a perfeita operação e manutenção do canteiro de obras.

7.4.3 Implantação e Manutenção dos Caminhos de Serviços

Estes serviços não serão passíveis de medição e pagamento, devendo os custos a eles relativos serem embutidos no custo total da obra.

A CONTRATADA deverá prever e adicionar, em seus custos unitários, a realização destes serviços.

8.0 LOCAÇÃO DAS OBRAS

Deverá ser prevista pela CONTRATADA a utilização de equipe de topografia, com mão de obra capacitada e equipamentos topográficos adequados, para locação e apoio à obra. Esta equipe deverá dar apoio aos serviços de marcação de "*offsets*", locação da elevação, escavações, aterros, locação de estruturas e/ou vias de acesso, medição de materiais de empréstimo e o levantamento como construído ("*as built*").

A CONTRATANTE fornecerá somente os elementos topográficos básicos para a implantação da obra (marcos de referência com Datum e altimetria validada, referenciados no sistema CÓRREGO ALEGRE, fuso 23S, Zona K), sendo todos os serviços de topografia, incluindo o fornecimento e construção de todas as estacas, gabaritos, plataformas, equipamentos, materiais, mão de obra etc., necessários à perfeita locação e nivelamento das obras, de inteira responsabilidade da CONTRATADA. A mesma ainda fica obrigada a conservar os marcos de referência nas condições que lhe foram apresentados/disponibilizados.

A CONTRATADA é a responsável exclusiva pela boa locação da obra.

Deverá ser prevista, pela CONTRATADA, a utilização de equipamentos topográficos adequados para a locação e apoio da obra. A locação deverá partir de um marco conhecido indicado pela CONTRATANTE, referenciado no Datum CÓRREGO ALEGRE – Fuso 23S, Zona K.

Estes equipamentos serão utilizados para dar apoio aos serviços de demarcação, escavações, aterros, locação das estruturas e demais serviços, a critério da CONTRATANTE. Não será permitida a locação das obras sem o auxílio de aparelhos adequados.

Os equipamentos deverão estar disponíveis e em perfeito estado de funcionamento, de modo a permitir pronto atendimento a qualquer solicitação da CONTRATANTE. Estes equipamentos deverão ser submetidos à aprovação da CONTRATANTE, que se reserva ao direito de aceitá-los ou não.

A CONTRATADA deverá verificar todas as cotas do projeto, comparando-as com as medidas do terreno.

Os serviços topográficos deverão ser executados em perfeita observância às indicações dos desenhos de projeto e desta especificação, utilizando-se aparelhos de comprovada exatidão e profissionais devidamente habilitados.

Todos os defeitos, erros, danos, falhas e quaisquer outras irregularidades ocorridas com serviços executados em desacordo com as indicações do projeto, terão as suas demolições e reconstruções executadas à custa da CONTRATADA.

8.1 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços topográficos, bem como as respectivas alocações dos equipamentos de medição e controle de qualidade e/ou quantidade da obra, não serão objetos de pagamento em separado.

A CONTRATADA deverá prever e adicionar, em seus custos unitários, a utilização da equipe de topografia.

9.0 SERVIÇOS PRELIMINARES

Os serviços devem ser iniciados com implantação de ensecadeira a jusante da barragem. Cabe destacar que o projeto da mesma não fez parte do escopo deste projeto, no entanto as obras descritas nesta especificação não devem ser iniciadas, sem que a mesma seja executada.

As atividades de desmatamento, destocamento, limpeza e as operações de escavação, carga, transporte, descarga e estocagem realizadas nas áreas demarcadas em projeto serão executadas de acordo com as definições a seguir, obedecendo às dimensões e aos alinhamentos indicados nos documentos do projeto.

- Supressão Vegetal
  - Compreende a remoção da vegetação, com corte de árvores até 30 cm acima do nível do terreno e o enleiramento/empilhamento da massa vegetal resultante;
  - Os serviços de desmatamento serão executados nas áreas de bota fora, projeção da elevação, sistema extravasor, acessos e outras indicadas no projeto;
  - Transporte da massa vegetal resultante, considerando DMT de até 4,0 km.

- Destocamento

- Compreende o destocamento (remoção de tocos e raízes) e o enleiramento/ empilhamento da massa vegetal resultante;
- Os serviços de destocamento serão executados nas áreas de projeção do projeto de elevação e de estocagem, sistema extravasor, acessos e outras indicadas no projeto;
- Transporte da massa vegetal resultante, considerando DMT de até 4,0 km.

- Limpeza

  - Compreende a remoção de todo material de origem vegetal, inclusive com uma raspagem de 0,30 m de profundidade, de forma que a superfície resultante se apresente completamente livre de qualquer detrito, inclusive solos orgânicos;
  - Os serviços de limpeza serão executados nas áreas de projeção da elevação da barragem, do sistema extravasor, nas jazidas de materiais naturais de construção e em outros locais indicados no projeto;
  - Transporte da massa vegetal e solo resultante, considerando DMT de até 4,0 km.

- Carga

  - A operação de carga deverá ser efetuada de forma ordenada visando a manutenção de taludes temporários remanescentes estáveis e evitar carreamento de material. No caso de ocorrência simultânea de carga e transporte de materiais estocados e de lançamento de material escavado na formação da pilha, estas operações deverão ocorrer em setores distintos da pilha, previamente acordados com a FISCALIZAÇÃO, de modo a não mascarar as operações de MEDIÇÃO do serviço.

Uma vez que a área de abrangência do alteamento da barragem deve estar drenada, eventualmente poderá ser necessário utilizar algum sistema de bombeamento para atingir tal condição, não devendo o alteamento ser iniciado sem que haja comprovação da mesma.

Notas:

1) A CONTRATADA deverá tomar todas as providências necessárias à preservação da paisagem natural e orientar seu serviço de modo a não desfigurar o meio ambiente;
2) Em nenhuma hipótese será permitido o uso de agrotóxicos para a execução dos serviços, nem o lançamento, nos cursos d'água e drenagens naturais, de galhos, troncos e outros materiais provenientes das operações aqui descritas;
3) Da mesma forma, em nenhuma hipótese será permitida a queima da massa vegetal resultante do desmatamento.

10.0 INTERFERÊNCIAS

10.1 MEDIDORES DE VAZÃO EXISTENTE

Atualmente há dois medidores de vazão existentes no pé da barragem (Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138). Estes medidores devem ser removidos, quando da execução do reforço.

10.2 CANALETAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL

Foi identificada canaleta ou tubulação de drenagem superficial na ombreira esquerda juntamente ao alinhamento do acesso. Estas deverão ser demolidas e removidas antes do início das obras de alteamento (Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0068).

10.3 SISTEMA DE VÍDEO MONITORAMENTO

Foi identificado a jusante da barragem BR o sistema de vídeo monitoramento. Recomenda-se o deslocamento deste sistema para outro local, de forma a não atrapalhar o andamento das obras de alteamento, nem mesmo a danificá-lo.

10.4 REDE ELÉTRICA

Foi identificado à jusante da Barragem BR, rede elétrica que pode atrapalhar as obras de alteamento. Este sistema deve ser deslocado antes do início das obras do alteamento.

10.5 SOLO MOLE - COLÚVIO

Na campanha de sondagem realizada em 2020 para a execução deste projeto, foi identificado solo mole a jusante da barragem nas sondagens SM01, SM02 e SM03. Na planta de tratamento de fundação (DF19-263-1-EG-DWG-0061) estão identificadas as seções com remoção deste material. Todo solo mole a jusante da barragem deve ser removido, como indicado na planta de escavação, devendo a fundação estar assente sobre solo residual de competência garantida.

10.6 SISTEMA EXTRAVASOR ATUAL

O extravasor atual deve ser desativado e no alinhamento do projeto para elevação 1.210,0 m, deve ser obstruído mediante um núcleo de aterro de solo compactado.

Antes, porém, será necessária a execução da limpeza de fundação, em que foi prevista a retirada de 30 cm de material sob a área de projeto do aterro compactado. Tal espessura deverá ser confirmada em campo pela fiscalização, com o intuito de se certificar quanto à competência do material de fundação.

10.7 MARCOS SUPERFICIAIS EXISTENTES

Os marcos superficiais existentes em concreto devem ser demolidos e removidos antes do início do alteamento.

10.8 ENSECADEIRA A JUSANTE DA BARRAGEM

A poucos metros à jusante do pé atual da Barragem BR encontra-se uma ensecadeira que foi construída com o intuito de permitir a execução do reforço da estrutura projetado pela Walm Engenharia, em 2019. Esta foi uma medida necessária pois o reservatório da Barragem BD5, existente à jusante, afogava o pé da Barragem BR. Desde então, o fluxo oriundo da drenagem interna da BR é bombeado para a jusante da ensecadeira, no reservatório da BD5.

Com o advento do projeto de alteamento da BR para a El. 1210m, no entanto, esta ensecadeira deverá ser removida, para permitir o fluxo livre da drenagem interna considerando o cenário futuro.

Para tanto, será necessário construir outra ensecadeira à jusante, com o intuito de possibilitar a construção do prolongamento do dreno de pé e o alteamento, posteriormente.

O projeto desta nova ensecadeira não foi escopo deste projeto em tela, tendo em vista que uma estrutura desta natureza foi contemplada no projeto executivo WBH122-17-MOSC077-RTE-0003, elaborado pela Walm Engenharia em 2020 e disponibilizado à DF+ pela MOSAIC.

Neste projeto da Walm, que apresenta a ensecadeira posicionada a cerca de 400 m à jusante da Barragem BR, consta inclusive um canal cujo emboque é próximo à saída da drenagem do pé da BR e termina junto à ensecadeira proposta. No entanto, observou-se que a elevação do seu emboque é superior à elevação da saída da drenagem da BR. A Figura 10.1 apresenta a planta com a ensecadeira e o canal projetados.

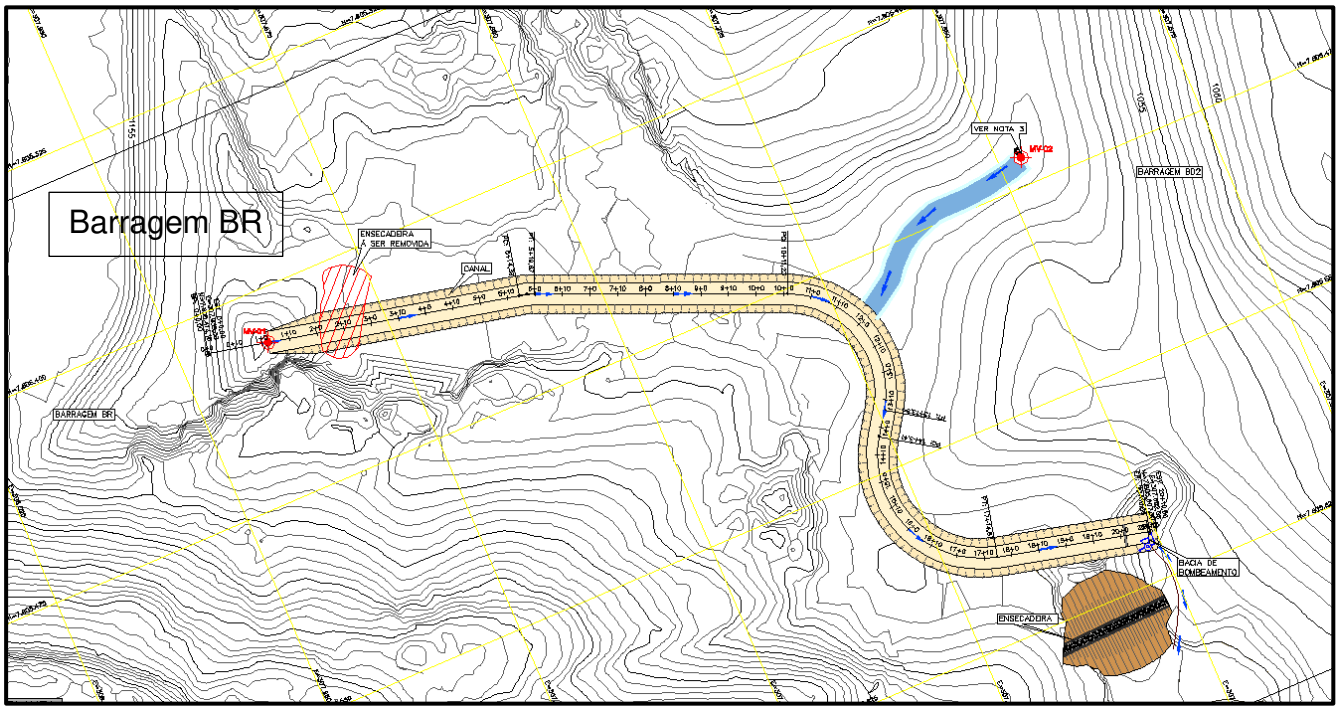


Figura 10.1 – Ensecadeira e canal projetado pela Walm em 2020 (WBH122-17-MOSC077-DES-0018)

Neste sentido, para não comprometer o funcionamento da drenagem interna, a DF+ recomenda a revisão do projeto da Walm, realizando a sua compatibilização com o projeto de alteamento em epígrafe.

É importante também destacar que a ensecadeira proposta deverá ser mantida, enquanto não existirem ações para o rebaixamento efetivo do reservatório da BD5 à jusante e que, além disso, o bombeamento à montante seja contínuo de modo a não afogar o pé da BR. Diante deste cenário, portanto, a DF+ recomenda que as ações para o rebaixamento do reservatório da BD5 sejam priorizadas pela MOSAIC nos próximos meses com vistas a garantir a segurança hidrogeológica de todo o sistema.

10.9 BASE TOPOGRÁFICA – COMPATIBILIZAÇÃO

A base topográfica utilizada é composta por levantamentos topográficos disponibilizados pela MOSAIC através dos arquivos:

- A. “Topobatimetria Barragem BR Lago 1 – Agosto 2019.dwg”: Levantamento Topobatimétrico – CCC Topografia – Ago/2019;
- B. “Topobatimetria BR Lago 3 – Agosto 2019.dwg”: Levantamento Topobatimétrico – CCC Topografia – Mar/2019;
- C. “curvas_de_nível_cmt.shp”: Base topográfica disponibilizada pela MOSAIC em outubro/2016 para o estudo de ruptura hipotética, realizado pela VOG (Relatório de número VG17-092-1-EG-RTE-0024).

- D. “LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO – MACIÇO BARRAGEM BR – CMT.dwg”: Levantamento disponibilizado em abril/2020.

A topografia citada na nota C foi deslocada em 32,11 m (E) e 13,44 m (N) para melhor se ajustar aos levantamentos citados nas notas A e B.

Quando da execução das obras, as quantidades de escavação e aterro poderão divergir em função da utilização destas bases. Com isso, a equipe de fiscalização poderá fazer ajustes advindos dos erros que poderão acarretar dessa junção.

A fundação da barragem, em hipótese alguma deverá ser apoiada em aterro já existente. Caso seja encontrado este material, a fiscalização deverá ser informada, cabendo a mesma indicar a remoção do aterro.

11.0 ALTEAMENTO DO MACIÇO

11.1 ASPECTOS DE CONTROLE DURANTE A OBRA

Fazem parte desta etapa as seguintes atividades:

- Construção dos acessos de obra e definitivos de manutenção;
- Supressão Vegetal, Destocamento e Limpeza da região a ser implantada o alteamento;
- Tratamento de fundação;
- Prolongamento da drenagem interna;
- Lançamento e espalhamento das camadas de transição;
- Lançamento e compactação do rejeito em magnetita;
- Lançamento e compactação do maciço do aterro de solo compactado na região do extravasor existente;
- Execução da drenagem interna do maciço de solo compactado;
- Execução de drenagem superficial;
- Instalação da instrumentação complementar e alteamento/modificação dos instrumentos existentes;

É importante ressaltar que durante as atividades de obra, a barragem deverá ser monitorada diariamente, a partir dos níveis de controle da instrumentação. Caso ocorra qualquer alteração significativa, fora dos padrões de sazonalidade já observados historicamente, a obra deve ser paralisada e a PROJETISTA comunicada.

11.2 DESATIVAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO EXISTENTE

Os piezômetros (PZ's) e indicadores de nível de água (INA's), assim como os marcos instalados no maciço da barragem deverão ser desativados conforme plano de instrumentação (DF19-263-1-EG-DWG-0138), a medida que a obra de elevação avança, ou seja, a medida que o aterro atinja a cota do instrumento. Foi previsto a desativação do INA-101 e do PZ-101, além dos marcos superficiais MS-04 a MS-11.

- A desativação dos INA's deverá seguir a seguinte sequência executiva:
  - Lançar areia grossa do fundo até 1 m acima do colchão drenante ou dreno de ombreira;
  - Lançar calda de cimento ou bentonítica misturada com solo no trecho restante.
- Para os demais instrumentos deverá ser lançado calda de cimento ou bentonítica misturada com solo.

Os marcos superficiais (MS) deverão ser removidos com o emprego de escavadeiras ou retroescavadeiras durante o serviço de remoção da camada de proteção superficial dos taludes de jusante da barragem.

O medidor de vazão (MV), se existente, também deverá ser demolido, sendo esta atividade contemplada no item 9 referente à demolição das estruturas de concreto.

A instalação de novos instrumentos deverá seguir as orientações constantes no item 12.0.

11.3 ESCAVAÇÕES, CARGA, ESTOCAGEM E TRANSPORTE DE MATERIAIS

Este item estabelece as diretrizes gerais para a execução das atividades de escavação, carga e transporte de solos relacionadas ao alteamento da Barragem BR, incluindo tratamento de fundação, obtenção de materiais de construção (área de empréstimo) e serviços de infraestrutura para a realização das obras – abertura de acessos, implantação de canteiros de obras e outros.

A seguir são apresentadas as definições dos tipos de escavações previstas:

- Escavação Comum
  - Consiste na escavação de materiais terrosos em geral, incluindo solos argilosos e arenosos com ou sem cascalho, fragmentos soltos ou blocos de rocha que possuam volume igual ou menor que 1 m³ e qualquer outro material que possa ser escavado sem a necessidade do uso de explosivos ou do emprego de tratores tipo CAT D6 ou similar munidos de escarificadores hidráulicos;
  - A classificação deste material será efetuada, quando já não especificada no projeto pela PROJETISTA (projeto ou plano de exploração de áreas de

empréstimo), pela FISCALIZAÇÃO e EQUIPE TÉCNICA, sendo considerados os argumentos da CONTRATADA. Na classificação não será feita distinção entre materiais secos, úmidos, alagados, duros ou moles, fofos ou compactos.

- Escavação por Escarificação

  - Compreende a remoção de rocha decomposta, que exige a utilização de tratores de esteira tipo CAT D6 ou similar, equipados com escarificadores hidráulicos;
  - Inclui-se, nesta classificação, a remoção de matacões com diâmetro acima de 1,00 m, que não exija o emprego sistemático de explosivos e utilização de equipamento completo de perfuração;

- Escavação Confinada

  - Consiste na escavação e remoção de blocos rochosos, areia, solo ou materiais decompostos oriundos de fendas, falhas e cavidades, dentro ou além do alinhamento da escavação, quando o emprego de ferramentas e métodos manuais for necessário;

- Em Trincheiras ou Valas

  - Consiste em escavações comuns caracterizadas em projeto como trincheiras ou valas, realizadas com equipamentos tipo retroescavadeira, dragline ou clamshell, em locais onde a largura da escavação for inferior a 3,5 m.

A CONTRATADA deverá elaborar um plano de escavação e submeter à FISCALIZAÇÃO, para sua liberação e posterior início das atividades. O plano de escavação deverá indicar as estradas de serviço, frentes de trabalho, cronograma detalhado de execução, produções mensais previstas, áreas de bota fora ou estoque, relação de equipamentos e os métodos a serem utilizados.

A CONTRATADA deverá executar todas as escavações nos alinhamentos, taludes e dimensões especificados, conforme os desenhos de projeto.

A CONTRATADA notificará a FISCALIZAÇÃO antes de iniciar qualquer escavação, de forma que haja tempo suficiente para a FISCALIZAÇÃO realizar as devidas verificações, via levantamento topográfico.

Durante a execução dos trabalhos, as condições geológico-geotécnicas encontradas poderão exigir ajustes do projeto quanto aos alinhamentos, níveis de fundação, taludes e dimensões indicados nos desenhos de projeto. Sempre que tais ajustes se mostrarem necessários, caberá à CONTRATADA informar à FISCALIZAÇÃO para que a PROJETISTA seja acionada para execução das modificações nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA tomará todas as precauções indispensáveis para não danificar quaisquer materiais abaixo e além das linhas de escavações. Quaisquer danos causados pelos trabalhos na área de escavação ou por quaisquer outras atividades da CONTRATADA deverão ser por esta, reparados às suas expensas. Qualquer escavação fora dos alinhamentos mostrados nos desenhos de projeto, exceto onde autorizado pela FISCALIZAÇÃO, será considerada como serviço não autorizado e deverá receber tratamento a ser determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as escavações que ficarem permanentemente expostas deverão apresentar taludes estáveis, superfícies bem-acabadas, regulares e com drenagem adequada, conforme estabelecido nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA deverá escavar, separadamente, os materiais destinados a várias utilizações, mediante métodos apropriados, previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO. Os materiais escavados serão colocados diretamente nos locais de destino ou serão estocados para uso futuro. Outras aplicações dos materiais provenientes das escavações deverão ser aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

O material excedente ou imprestável, devido à má qualidade, deverá ser objeto de deposição em locais previamente indicados pela FISCALIZAÇÃO, no sentido de não prejudicar a utilização da área ou a paisagem regional. Esta paisagem deverá ser sempre preservada e/ou recomposta durante todo o período de execução da obra.

11.3.1 Limpeza e Preparo do Terreno

A limpeza e preparo do terreno consistirá na remoção de material de origem orgânica, solos não consolidados, blocos de rocha e resíduos das áreas de interesse e implantação das obras.

A limpeza e preparo do terreno deverão ser realizados de forma gradativa conforme o avanço das atividades de escavação.

Para a implantação do alteamento, pode ser considerada a remoção total da camada de solo mole a jusante da barragem como indicado na planta de tratamento de fundação (Ver desenhos DF19-263-1-EG-DWG-0110 e DF19-263-1-EG-DWG-0111).

Ademais, foi considerada como limpeza do terreno, a escavação e remoção de 30 cm de solo orgânico e de materiais soltos do maciço. De forma alguma será permitida a implantação do alteamento sobre solo mole. Caso seja identificada tal camada, a qual não foi contemplada no projeto, a fiscalização deverá ser acionada.

Os locais de destino finais destes materiais deverão ser acordados com a FISCALIZAÇÃO, que deverá armazená-los considerando uso futuro ou não.

11.3.2 Rejeito de Magnetita – Estocagem

A CONTRATADA deverá submeter à FISCALIZAÇÃO um plano de estocagem do rejeito em magnetita a ser utilizado no alteamento da estrutura. A área de estocagem deve ser prevista, devendo a CONTRATADA providenciar acessos e facilidades para a sua futura utilização.

Vale ressaltar que somente após a liberação do plano de estocagem pela FISCALIZAÇÃO, será permitida a formação das pilhas. Materiais lançados em locais não liberados deverão ser removidos e lançados em áreas liberadas, às expensas da CONTRATADA.

O local selecionado para formação de estoque deverá ser preparado, às expensas da CONTRATADA, de modo a evitar contaminação do material depositado e manter a estabilidade das pilhas. Para isto, poderão ser necessárias operações de supressão vegetal, limpeza, escavação de solos inaptos para fundação, drenagem superficial e outras providências julgadas necessárias pela FISCALIZAÇÃO.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá adotar procedimentos que garantam o máximo de aproveitamento dos materiais escavados, para sua utilização na obra de alteamento da barragem.

A construção das pilhas deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Todos os cuidados deverão ser adotados para minimizar fenômenos de fragmentação e segregação dos materiais.

A CONTRATADA deverá fornecer à FISCALIZAÇÃO, quando expressamente solicitado, o valor dos volumes dos materiais retirados e remanescentes nas pilhas.

11.3.3 Enrocamento Selecionado – Estocagem

O enrocamento selecionado será utilizado no prolongamento da camada de enrocamento existente, até a face do talude do alteamento proposto neste projeto. Este material poderá ser estocado em área de estocagem a ser definida pela CONTRATANTE, devendo a área estar preparada para receber o material.

Havendo necessidade, este material poderá ser estocado em pilhas e sua construção deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

Caso estes materiais sofram contaminação, este deverá ser descartado, pois não será permitida a aplicação destes na estrutura da barragem.

11.3.4 Materiais Granulares para Transição – Estocagem

Os materiais granulares a serem utilizados como camadas de transição para construção do alteamento da Barragem BR são: areia, brita 0 e brita 3.

Estes materiais deverão ser estocados em área a ser definida pela CONTRATANTE, devendo a área estar preparada para receber estes materiais. A estocagem poderá ocorrer através da formação de pilhas e deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Como cada pilha será formada por um único tipo de material, não serão permitidas camadas de lastro com material diferente do material a ser estocado.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

Caso estes materiais sofram contaminação, este deverá ser descartado, pois não será permitida a aplicação destes na estrutura da barragem.

11.3.5 Tratamento de Fundação

Este capítulo trata dos serviços relativos ao preparo da fundação para construção do alteamento da barragem. A área delimitada que abrange o tratamento de fundação encontra-se apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0110 e DF19-263-1-EG-DWG-0111.

Todos os materiais instáveis, de consistência mole, deverão ser removidos. Os taludes, naturais ou do maciço, que necessitarem de escavação deverão passar por prévia análise da projetista, para determinação da inclinação mínima.

Durante as escavações, a FISCALIZAÇÃO inspecionará os materiais e dará sua aprovação final nas cotas de escavação. A FISCALIZAÇÃO poderá exigir reparos na superfície final de escavação, a fim de se corrigir eventuais danos, caso julgue que a superfície de escavação não esteja em condições de receber o aterro, em virtude da inobservância dos cuidados aqui descritos.

A superfície de fundação deverá ser totalmente limpa, utilizando ferramentas manuais tais como pás, e outros equipamentos de escavação, além de jatos de ar ou ar e água, em toda a área mostrada nos desenhos de projeto ou determinada pela FISCALIZAÇÃO, a fim de se remover todo o material inadequado, pequenas depressões e outras irregularidades superficiais.

A superfície de escavação não deverá ficar exposta por muito tempo antes do lançamento do aterro, a critério da FISCALIZAÇÃO. O último metro das escavações somente deverá ser executado imediatamente antes do lançamento do aterro.

Durante a execução desta etapa, haverá a necessidade de controle dos fluxos de água observados a partir da saída da drenagem interna da Barragem BR. A correta execução deste serviço é fundamental para o desenvolvimento da obra.

11.3.6 Bota Fora

Os materiais escavados considerados inadequados serão destinados a áreas de bota fora. As áreas de bota fora serão definidas pela CONTRATANTE, devendo estar aderentes às diretrizes aqui estabelecidas.

A CONTRATADA tomará precauções para que o material depositado não venha a causar danos às áreas e obras adjacentes – deslizamento, erosão e outros fenômenos instabilizantes. Deverão ser previstos sistema de drenagem superficial e proteção de taludes para bota fora(s).

Os aterros de bota fora deverão apresentar taludes estáveis, não mais íngremes do que 2H:1V, salvo quando indicado o contrário. Qualquer reparo para desobstrução das áreas afetadas por eventuais desmoronamentos será executado pela CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá prever, em seu planejamento, que os materiais sejam dispostos pelo processo de lançamento em ponta e espalhados através da utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem, constituídos basicamente de tratores de esteiras.

Também deverá ser previsto o eventual zoneamento dos materiais no lançamento em ponta, de forma a obter taludes mais estáveis e melhor aparência estática, ou visando a utilização futura.

11.4 DRENAGEM INTERNA – COLCHÃO DRENANTE

A drenagem interna da Barragem BR é composta apenas por um dreno de pé, que deverá ser prolongado nas obras de alteamento desta estrutura. A barragem não conta com filtro vertical, uma vez que seu maciço é composto de magnetita, tido como um material suficientemente drenante.

11.4.1 Requisitos Gerais

O enrocamento deverá ser colocado de acordo com os alinhamentos, dimensões, declividades e níveis internos e externos, indicados nos desenhos do Projeto Detalhado (DF19-263-1-EG-DWG-0063 a DF19-263-1-EG-DWG-0065).

11.4.2 Características Requeridas, Lançamento e Espalhamento das Camadas

O enrocamento a ser utilizado deverá obedecer às características definidas nesta especificação, sendo que os fragmentos deverão estar dentro da faixa granulométrica fixada. Esta faixa granulométrica está diretamente vinculada às dimensões do material já existente e discretizado na especificação técnica do reforço executado (WBH122-17-MOSC061-ETC-0003) e do projeto "*As Built*" (WBH122-17-MOSC061-DES-0007).

Para garantir as características requeridas do material, deverá ser realizado pela CONTRATADA, em lotes que serão determinados posteriormente, ensaios de granulometria que comprovem a granulometria do material.

A CONTRATADA deverá sempre aplicar técnicas construtivas que garantam que os fragmentos rochosos maiores sejam uniformemente distribuídos, com os fragmentos menores preenchendo os vazios existentes entre os mais volumosos.

Todas as zonas de enrocamento deverão ser colocadas dentro dos alinhamentos e inclinações indicados nos Desenhos. Deverão ser delineados os limites das zonas sobre a superfície do maciço por meio de estacas pintadas.

Junto às transições, deverá ser colocado enrocamento fino, bem graduado, através de processos cuidadosos de segregação em camadas desta e da espessura das transições adjacentes.

Os blocos de rocha sã, com dimensões a serem determinadas, eventualmente trazidos às praças de lançamento, e que possam sobressair-se à camada lançada, deverão ser empurrados para a zona de enrocamento externa junto à face do talude de jusante.

O processo construtivo deverá ser tal que os fragmentos rochosos maiores sejam uniformemente distribuídos, ficando os fragmentos menores preenchendo os vazios existentes entre os blocos mais volumosos.

A face de todos os taludes de enrocamento deverá ser acertada por meio de equipamento adequado que possa produzir acabamento uniforme da superfície. Este acabamento será realizado toda vez que o alteamento do maciço alcance uma altura compatível com o equipamento a ser utilizado neste serviço.

Os aspectos construtivos descritos neste item referem-se ao enrocamento selecionado para prolongamento do dreno de pé.

Estes materiais deverão ser provenientes de fornecedores a serem indicados pela CONTRATANTE, desde que atendam às características mínimas de projeto. Deverão ser realizados ensaios de caracterização para verificação das características mínimas previstas em projeto.

11.4.3 Compactação e Equipamentos Requeridos

A CONTRATADA deverá utilizar equipamentos em número suficiente para manter a produção uniforme, contínua e na quantidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos. Deverá, ainda, mantê-los em boas condições de operação e tomar as providências necessárias para obter a energia de compactação especificada dentro do desvio de umidade fixado.

A eficiência dos equipamentos poderá ser testada em aterros experimentais; podendo ser indicadas modificações no peso, na pressão e na velocidade de operação para a obtenção do grau de compactação desejado.

Cada camada de enrocamento, espalhada de acordo com requisitos que serão fixados, deverá ser compactada seguindo critérios que serão determinados nas fases subsequentes a este projeto.

Cada camada de enrocamento deverá ser compactada por, no mínimo 6 passadas de equipamentos com esteiras (tratores e/ou escavadeiras) com peso estático de no mínimo 10 tf. A velocidade máxima do equipamento deverá ser ajustada no decorrer dos trabalhos conforme seu desempenho e eficiência na compactação. Cada passada deverá cobrir a totalidade da área a ser compactada. As passagens sucessivas do equipamento não deverão estar separadas por uma distância maior que 30,0 cm.

Após compactar a camada de enrocamento imediatamente acima da camada de enrocamento que cobre a fundação, deverá ser executado o ensaio de densidade para verificação do número de passadas do rolo compactador. Deverá ser executado o ensaio de densidade utilizando a folha de plástico, conforme metodologia constante no ANEXO 1 desta especificação.

No caso de equipamentos operando em série, deverão ser observadas as extremidades para que as mesmas não recebam uma menor quantidade de passadas.

Os equipamentos deverão trabalhar no sentido longitudinal do maciço, ou seja, em paralelo com a crista da barragem e contrário ao sentido do fluxo de água.

O enrocamento deverá estar livre de materiais finos, com uma tolerância de no máximo 5%.

Os rolos lisos deverão ser utilizados nos aterros de materiais argilosos somente com o objetivo de selar a superfície da camada compactada para proteção durante chuvas.

Os cilindros serão equipados com dispositivos de limpeza para evitar o acúmulo de materiais sobre os rolos.

11.4.4 Controle da Qualidade dos Materiais e Controle de Construção

O controle de qualidade será feito pela CONTRATADA através do acompanhamento permanente e da inspeção visual das operações de carregamento, transporte, espalhamento e compactação, e confirmado por avaliações visuais da granulometria e determinações da massa específica "*in situ*" do enrocamento compactado.

A espessura média das camadas após a compactação será determinada periodicamente, através de medições topográficas e em pontos a serem determinados durante os serviços.

As densidades naturais de campo para os maciços de enrocamento serão determinadas pelo método do plástico, e as cavas a serem abertas pela CONTRATADA deverão ter diâmetros

da ordem de 4,0 m e profundidades de cerca de 1,5 m. Quando os valores resultantes forem inferiores a 20 kN/m³ e a média das determinações inferior a 22 kN/m³, o processo executivo será otimizado, de modo a serem alcançados os valores desejados.

No caso de ser notada qualquer evidência de segregação ou presença de materiais sem as características requeridas nestas especificações, será exigida a sua substituição, em especial atenção junto às transições, onde deverá ser aplicada a fração fina do material.

Deverá ser prevista a abertura periódica de valas ou poços de inspeção, para verificar a homogeneidade e a eficiência de compactação dos maciços de enrocamento compactado.

11.5 DRENAGEM INTERNA – PREENCHIMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR

No preenchimento do sistema extravasor, foi proposto um dreno de contato faceando o maciço, seguido de colchão drenante tipo sanduíche até a saída do canal. O desenho DF19-263-1-EG-DWG-0025 apresenta o quadro de locação e seções típicas do projeto. Os materiais devem seguir o especificado no item 11.6.

11.6 CAMADAS DE TRANSIÇÃO

11.6.1 Requisitos Gerais

As camadas de transição serão aplicadas no contato do dreno de pé com o rejeito de magnetita e com a fundação. Os materiais considerados foram: areia, brita 0 e brita 3 com espessura de 30 cm. Estes materiais devem ser prolongados até a superfície do talude de jusante. Deve se atentar que para o material que faceia a magnetita, é indicado areia grossa, já para o material que faceia o solo de fundação é indicado areia fina a média.

Além dessas transições, há também transições no sistema de drenagem no preenchimento do sistema extravasor. Os materiais indicados no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0025 leva em consideração o dimensionamento aqui apresentado.

As zonas dos materiais dos drenos deverão ser homogêneas, compactas, permeáveis e livres de contaminação de solos finos ou matérias orgânicas. Os materiais componentes da drenagem interna deverão ser constituídos por partículas duras e duráveis, obtidas de materiais rochosos isentos de detritos vegetais e de matéria orgânica e com porcentagem de finos (<#200) inferior a 5%.

Para o controle de qualidade da construção é recomendado a realização dos ensaios apresentados na Tabela 11.1 abaixo, conforme normas indicadas em sua versão mais recente.

Tabela 11.1 – Ensaios de controle para material do dreno e das transições.

Local de Coleta de amostra	Ensaio	Método de Ensaio	Quantidades especificadas*
Areia	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 300 m³ executado

Local de Coleta de amostra	Ensaio	Método de Ensaio	Quantidades especificadas*
	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos de Agregados	NBR 7219	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 300 m³ executado
	Ensaio de Permeabilidade Carga Constante	NBR 13292	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 300 m³ executado
Brita 0	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 300 m³ executado
	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos de Agregados	NBR 7219	Mínimo de 1 ensaios por camada ou a cada 300 m³ executado
	Ensaio de Permeabilidade Carga Constante	NBR 13292	Mínimo de 2 ensaios por camada ou a cada 300 m³ executado
Brita 3	Granulometria por peneiramento	NBR 7181	3 ensaios
	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos de Agregados	NBR 7219	3 ensaios
	Ensaio de Permeabilidade Carga Variável	NBR14545	3 ensaios

Nota: * Se observado em campo mudança das características dos materiais a quantidade de ensaios proposta deverá ser intensificada.

11.6.2 Características Requeridas para transição entre o maciço de magnetita e o enrocamento

A Figura 11.1 apresenta as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o enrocamento e o solo de fundação para o projeto de alteamento da Barragem BR. Conforme acordado com a MOSAIC, a faixa granulométrica da magnetita utilizada para o dimensionamento das transições é a mesma que foi utilizada pela Walm no dimensionamento das transições quando da realização do projeto de reforço em 2019, fornecido na especificação técnica de número WBH122-17-MOSC061-ETC-0003.

Com isso, o dimensionamento das transições entre a magnetita e o enrocamento se deu conforme faixa granulométrica apresentada na Tabela 11.2.

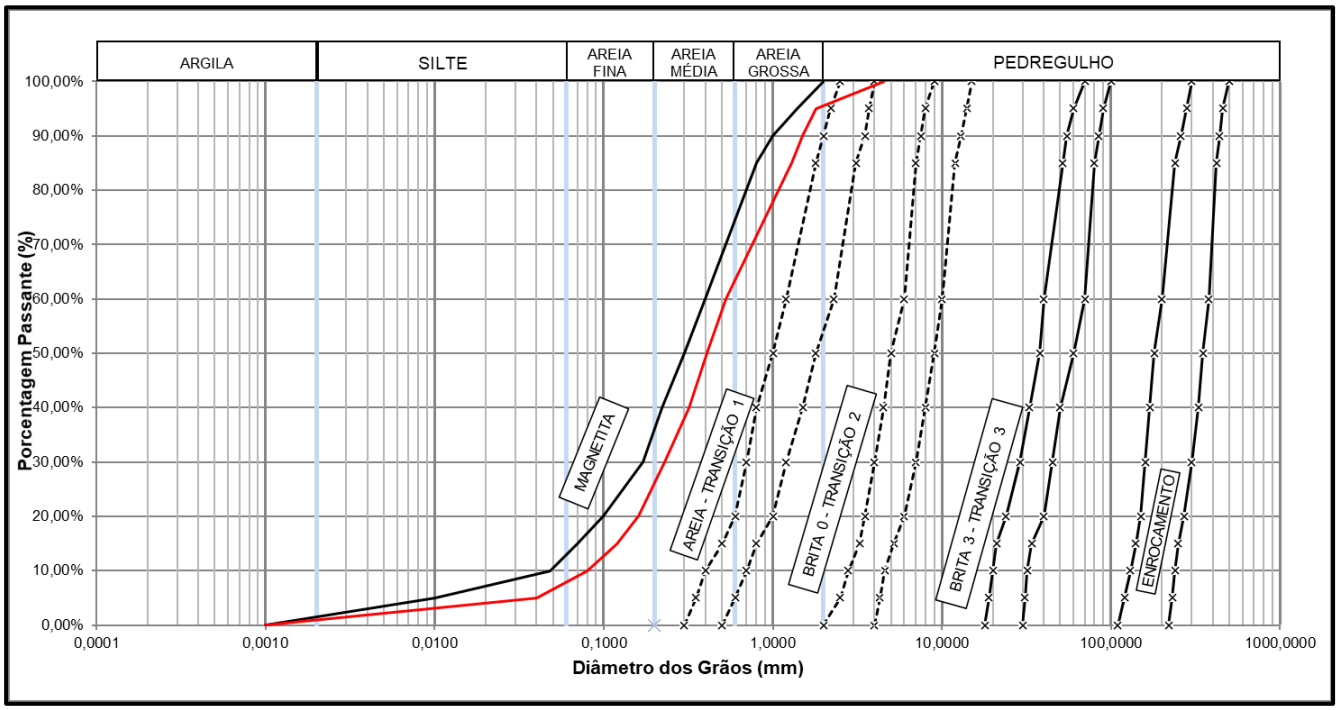


Figura 11.1 – Faixas granulométricas para os materiais de constituição da drenagem interna e transições.

Tabela 11.2 – Faixas granulométricas dos materiais para o reforço (Walm, 2019)

D_N	Enrocamento D_{50}=250 mm		Brita 3		Brita 0		Areia média a grossa	
	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)
D_0	110,0	220,0	18,0	30,0	2,0	4,0	0,3	0,5
D_{15}	140,00	250,00	21,0	34,0	3,3	5,2	0,5	0,8
D_{30}	160,00	300,00	29,0	45,0	4,0	7,0	0,7	12
D_{50}	180,00	350,00	38,0	60,0	5,0	9,0	1,0	1,2
D_{60}	200,00	380,00	40,0	70,0	6,0	10,0	1,2	2,3
D_{85}	240,00	420,00	52,0	80,0	7,0	12,0	1,8	3,1
D_{100}	300,00	500,00	70,0	100,0	9,0	15,0	2,5	4

11.6.3 Características Requeridas para transição entre o solo de fundação e o enrocamento

A Figura 11.2 exibe as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o solo de fundação e o enrocamento.

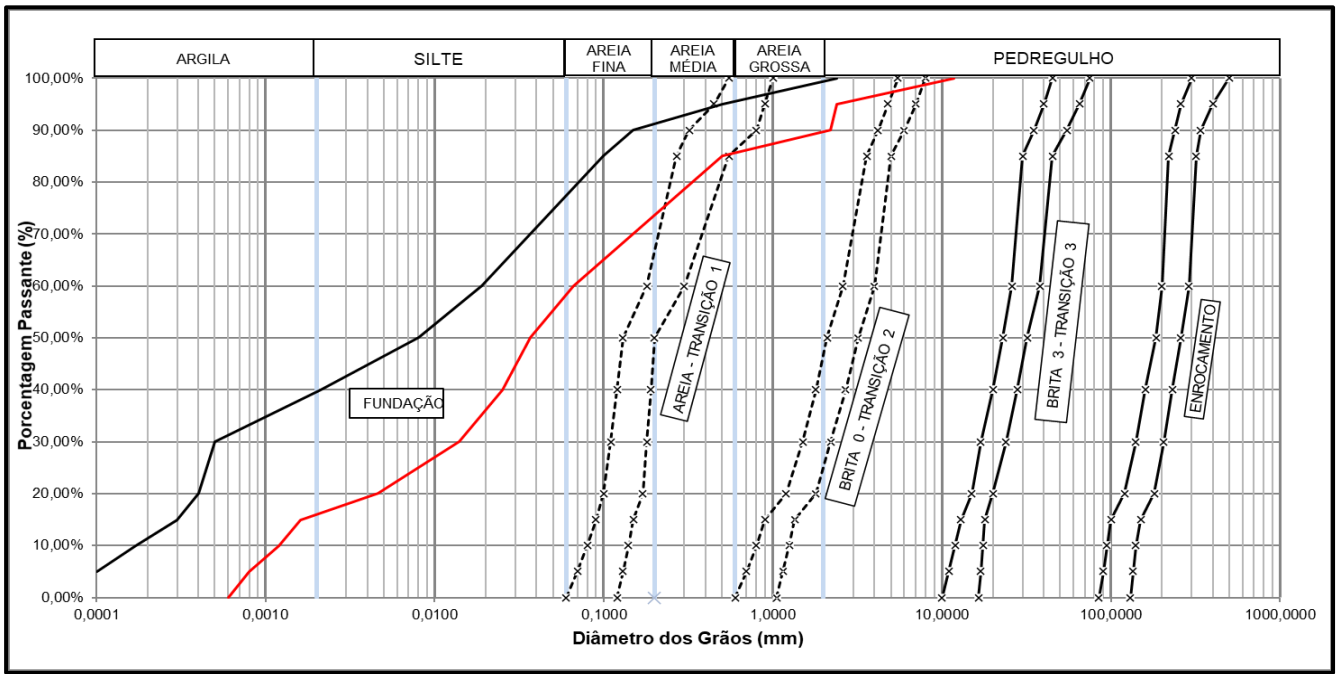


Figura 11.2 – Faixas granulométricas para os materiais de constituição da drenagem interna e transições

A Tabela 11.3 apresenta as faixas granulométricas dimensionadas para a transição entre o enrocamento e o solo de fundação para o projeto de alteamento da Barragem BR.

Tabela 11.3 – Faixas granulométricas dos materiais entre o enrocamento e o solo de fundação

D_N	Enrocamento D_{50}=250 mm		Brita 3		Brita 0		Areia fina a média	
	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)
D_0	85,0	130,0	10,0	16,5	0,6	1,05	0,06	0,12
D_{15}	100,0	150,0	13,0	18,0	0,9	1,35	0,09	0,15
D_{30}	140,0	205,0	17,0	24,0	1,5	2,2	0,11	0,18
D_{50}	185,0	260,0	23,0	32,0	2,1	3,2	0,13	0,20
D_{60}	200,0	290,0	26,0	38,0	2,6	4,0	0,18	0,30
D_{85}	220,0	320,0	30,0	45,0	3,6	5,0	0,27	0,55
D_{100}	300,0	500,0	45,0	75,0	5,5	8,0	0,55	1,0

Para compatibilizar os dois dimensionamentos e a partir dos resultados obtidos para as transições acima, a DF+ recomenda que no caso da transição em areia seja utilizado a areia média a grossa para transição entre a magnetita e o enrocamento, e areia fina a média para transição entre o enrocamento e a fundação.

11.6.4 Lançamento e Espalhamento das Camadas

Cada camada da transição deverá ser lançada e espalhada horizontalmente através de equipamentos e meios apropriados. A espessura máxima de cada camada será de 30 cm, após a compactação.

O lançamento deve ser feito de tal forma que a fração mais fina da transição seja colocada junto à fração mais grossa, voltada para o enrocamento adjacente, ou seja, a brita 3 deve estar faceando o enrocamento e a brita 0, esta deve facear a areia e a mesma facear a magnetita ou o solo de fundação.

Deverão ser tomadas providências adequadas para que seja evitada a segregação do material.

Qualquer material estranho lançado nas zonas da transição e que possa interferir com suas propriedades não coesivas e livremente drenantes deverá ser cuidadosamente removido, às expensas da CONTRATADA, antes de se prosseguir na execução da camada seguinte. Estes trabalhos de remoção deverão ser realizados na extensão e na profundidade necessárias para alcançar o material limpo.

Deverão ser tomados cuidados especiais de modo a evitar a contaminação dos materiais pelos solos adjacentes.

O lançamento dos materiais de uma nova camada somente poderá ser realizado após a área de lançamento ter sido inspecionada e expressamente liberada pela FISCALIZAÇÃO.

11.7 MACIÇO DE MAGNETITA COMO MATERIAL DE ALTEAMENTO

O aterro do alteamento proposto para a Barragem BR será executado utilizando rejeito de magnetita, em camadas uniformes e horizontais com espessura lançada máxima de 23 cm para se atingir 20 cm de camada compactada.

Como a geometria do maciço foi revisada com o intuito de mitigar o modo de falha de liquefação, é imprescindível que as camadas sejam lançadas, compactadas e controladas conforme o preconizado neste item, para garantir que o material apresente comportamento dilatante (não susceptível à liquefação) para as tensões que o mesmo será submetido durante sua fase de operação.

11.7.1 Definições

Com o intuito de padronizar terminologias executivas de construção de aterros, definiremos alguns termos:

- Passada: trajeto de ida a partir do ponto de início da faixa a ser compactada até o seu término utilizando equipamentos de compactação;

- Fecha: trajeto de ida e volta até o ponto de início da faixa a ser compactada utilizando equipamentos de compactação.

11.7.2 Alinhamentos e Greides

O aterro do alteamento deverá ser executado conforme os alinhamentos, elevações, dimensões e seções transversais indicadas nos desenhos de projeto.

11.7.3 Características Requeridas

O rejeito de magnetita a ser utilizado no alteamento da Barragem BR deverá obedecer às características definidas nestas especificações, sendo que as partículas deverão estar dentro da faixa granulométrica fixada e apresentada na Tabela 11.4. Estas informações foram obtidas da especificação técnica do reforço realizado pela Walm em 2019 e presente no documento WBH122-17-MOSC061-ETC-0003. Segundo a MOSAIC, o maciço será executado com material similar ao utilizado no reforço e com isso deve apresentar a mesma faixa granulométrica.

Tabela 11.4 – Faixas granulométricas dos materiais para o alteamento (adaptado de Walm, 2019)

D_N	Rejeito de Magnetita	
	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)
D_0	0,001	0,001
D_{15}	0,06	0,14
D_{30}	0,16	0,23
D_{50}	0,30	0,40
D_{60}	0,40	0,52
D_{85}	0,80	1,30
D_{100}	2,00	4,00

O material deverá ser proveniente da usina de beneficiamento e deverá ser estocado no pátio de bota-espera antes de sua utilização na estrutura.

Para definição das características que subsidiarão o controle tecnológico de construção, tais como: peso específico máximo e umidade ótima, foi prevista a retirada de 5 amostras deformadas no pátio de deposição de magnetita para ensaios de laboratório. A especificação para retirada destas amostras encontra-se no item seguinte.

11.7.3.1 Retirada de Amostras Deformadas

Amostras deformadas são aquelas extraídas por raspagem ou escavação, o que implica na destruição da estrutura e na alteração das condições de compacidade ou consistência naturais destas. Nestas amostras deverão ser realizados ensaios para caracterização física, além de ensaios de compactação para determinação do teor de umidade ótimo.

Para estas amostras deformadas, deverão ser observados os seguintes critérios, além do preconizado pela norma ABNT NBR 9.604:

- Deve se ter cuidado na retirada das amostras próximas ao terreno natural, para que não se inclua na massa de amostra de rejeito de magnetita, materiais da superfície do terreno natural;
- Após coletadas, as amostras deverão ser acondicionadas em sacolas plásticas mantendo o mínimo de ar livre dentro das mesmas. Para lacrar as amostras, recomenda-se a utilização de dispositivos que propiciem um fechamento hermético, tal que minimize a perda de umidade do interior da amostra para o ambiente;
- Os sacos plásticos preenchidos com as amostras devem ser por sua vez acondicionados em caixas de madeira de 0,5 x 0,5 x 0,5 m, para transporte até o laboratório. Junto aos sacos, recomenda-se a colocação de panos molhados a fim de manter umidade no interior da caixa, tal que se minimize a perda de água até a chegada à câmara úmida do laboratório;
- Todas as amostras serão identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna aos recipientes de amostragem, contendo:

  - Nome do projeto;
  - Nome do local/estrutura;
  - Data da coleta;
  - Coordenadas do ponto de coleta;
  - Profundidade do ponto de coleta;
  - Camada do ponto de coleta, numerada a partir da base em direção ao topo do aterro.

- As anotações deverão ser feitas com canetas esferográficas ou tinta indelével, em papel cartão, devendo-se proteger as etiquetas de avarias no manuseio das amostras;
- As amostras deverão permanecer guardadas à sombra em local ventilado, até o final da jornada diária, quando serão transportadas para o local indicado.

11.7.4 Equipamentos

A CONTRATADA poderá propor rolos lisos comuns, de qualquer tipo, desde que eficientes na compactação dos materiais. Os cilindros serão equipados com dispositivos de limpeza, para evitar o acúmulo de materiais sobre os rolos. **Não será admitido recurso de vibração nestes equipamentos.**

A CONTRATADA deverá utilizar equipamentos em número suficiente para manter a produção uniforme, contínua e na quantidade requerida para a execução dos serviços nos prazos estabelecidos. Deverá, ainda, mantê-los em boas condições de operação e tomar as providências necessárias para obter a energia de compactação especificada dentro do desvio de umidade fixado.

A eficiência dos equipamentos poderá ser testada em aterros experimentais, se solicitado pela FISCALIZAÇÃO, podendo ser indicadas modificações no peso, na pressão e na velocidade de operação para a obtenção do grau de compactação desejado.

A compactação deverá ser efetuada por rolos convencionais. Os compactadores mecânicos de operação manual deverão ser utilizados apenas nas áreas confinadas, junto a eventuais instrumentos e nos locais inacessíveis aos equipamentos convencionais, devendo ser obtidos nestes locais os mesmos requisitos de compactação exigidos para o maciço.

O umedecimento dos materiais nas praças de lançamento das camadas, eventualmente necessário para pequenos ajustes de umidade, deverá ser feito por caminhões-pipa equipados com barras aspersoras, que permitam a aplicação uniforme de água na área a ser regada e o controle da aspersão durante a operação. Não serão permitidos equipamentos de aspersão com vazamento que possa prejudicar a qualidade dos aterros.

Para gradeamento, escarificação, homogeneização ou aeração de camadas a serem compactadas, serão empregadas grades de disco, escarificadores de motoniveladora, ou outro equipamento apropriado. A eficiência dos equipamentos será constantemente avaliada, sendo a CONTRATADA responsável pela troca ou reforma dos acessórios e equipamentos que não mais atenderem às especificações do aterro.

Quando operados em série ou em paralelo em um mesmo material, os rolos deverão possuir as mesmas características de operação, forma, dimensões e pesos, atendendo ainda ao especificado a seguir.

11.7.5 Método Construtivo

11.7.5.1 Características Requeridas

O maciço de solo compactado deverá apresentar características de resistência, deformabilidade e permeabilidade que permitam o pleno desenvolvimento de suas funções durante o período operacional da barragem.

11.7.5.2 Teores de Umidade

Os materiais, em cada camada do maciço, deverão possuir teores de umidade dentro dos limites especificados em projeto.

A faixa de desvio dos teores de umidade, dentro da qual deverão se situar todos os resultados dos ensaios de controle, é de ± 2 %.

Os desvios do teor de umidade acima referidos são iguais à diferença entre os teores de umidade obtidos na praça de compactação e os teores ótimos de umidade obtidos nos ensaios de compactação executados de acordo com o ensaio de Proctor Normal, Norma NBR 7182:2016 da ABNT, aplicado sem a secagem prévia.

As faixas de desvio especificadas acima poderão sofrer modificações, a critério exclusivo da FISCALIZAÇÃO, antes e/ou durante o decorrer da obra, em função dos resultados iniciais obtidos na execução dos aterros.

O controle da umidade deverá ser efetuado pela CONTRATADA através de métodos rápidos que serão estabelecidos antes do início da construção.

11.7.5.3 Homogeneidade

Dentro da zona de solo, o aterro deverá ser homogêneo quanto ao desvio de umidade e ao grau de compactação. As camadas individuais também deverão sempre apresentar homogeneidade quanto aos teores de umidade e graus de compactação, inclusive entre o topo e a base das mesmas.

11.7.5.4 Lançamento e Espalhamento das Camadas

A colocação do material no maciço somente deverá ser iniciada após inspeção e liberação, pela FISCALIZAÇÃO, da área para lançamento.

Durante a colocação dos materiais, deverá ser evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que difere, substancialmente, do material circundante em textura e características.

A operação de espalhamento deverá ser feita de modo que seja obtido aterro homogêneo, tanto em relação à umidade quanto à textura e características do solo. Fica determinado que as operações de lançamento e espalhamento sejam feitas paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. Os maciços deverão ser mantidos aproximadamente em nível, com inclinações suaves que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

As superfícies deverão ser inclinadas de tal forma que as águas superficiais não sejam conduzidas às transições e ao filtro de areia, evitando-se, com isso, possíveis contaminações. Após o lançamento, os materiais deverão ser espalhados em camadas aproximadamente horizontais cujas espessuras deverão ser controladas por equipes de topografia.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir alterações nos métodos de lançamento e espalhamento, sempre que isso proporcione melhorias qualitativas.

O tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento deverá ser dirigido de modo que sua carga seja uniformemente distribuída sobre a superfície das áreas de trabalho.

Durante as operações de lançamento e espalhamento, a CONTRATADA deverá manter, nas áreas de compactação, pessoal necessário para remover raízes, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados das áreas de trabalho.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a remoção de quaisquer quantidades de materiais colocados nas áreas de compactação, desde que não possuam as características especificadas. Depois de espalhadas, as camadas soltas deverão ter, no máximo, espessura de 23,0 cm. Em locais inacessíveis aos rolos compactadores, onde será necessário o uso de compactadores mecânicos manuais, as camadas de solo solto deverão ser espalhadas com espessuras que não excedam 10,0 cm. Deverá ser utilizada cruzeta para controle da espessura da camada.

11.7.5.5 Compactação

Desde que a umidade da camada espalhada esteja dentro da faixa especificada, deverão ser iniciadas, após o nivelamento da camada, as operações de compactação, com os rolos se movendo paralelamente aos eixos longitudinais dos maciços. Cada passada do rolo compactador deverá cobrir total e uniformemente a área a ser compactada. Não será admitido recurso de vibração nos rolos compactadores.

Para o maciço compactado da elevação da barragem, o grau de compactação mínimo requerido será de 98%, em referência ao Proctor Normal, considerando o ensaio de frasco de areia. Caso a Mosaic escolha como ensaio de controle de densidade o método de Hilf, o grau de compactação mínimo requerido será de 102%.

A compactação deve ser a mais uniforme possível. O número mínimo de passadas será 6, com espessura máxima de camada lançada de 23 cm e finalizada de 20cm.

A compactação da magnetita deverá ser realizada por rolos lisos sem vibração, com velocidade de trabalho não superior a 5 km/h.

Como alternativa, a CONTRATADA poderá apresentar, à apreciação da FISCALIZAÇÃO, outro tipo de equipamento, não limitado aos sugeridos nesta especificação, para execução da compactação. Os equipamentos deverão ser testados em aterros experimentais.

Cuidados especiais deverão ser tomados para que seja garantida uma perfeita ligação entre camadas contíguas.

Nos locais onde não seja possível o uso de rolos, a compactação será feita com compactadores mecânicos manuais. Nesses casos, a espessura da camada solta será de, no máximo, 10,0 cm, devendo ser estabelecida pela CONTRATADA uma norma geral quanto à

mínima cobertura da área com o tipo de compactador. Será necessária uma inspeção visual cuidadosa, complementada com ensaios de campo, para a verificação da eficiência dessa compactação.

Depois de compactada a camada de transição, deverá ser efetuada a compactação do contato destas zonas por meio de duas passadas do rolo numa faixa de largura igual à do rolo.

Este procedimento também deverá ser adotado nos contatos dos materiais dos espaldares com as transições adjacentes.

11.7.6 Controle Tecnológico de Compactação

O controle geral da compactação será feito através de inspeção visual e controle tecnológico (itens 11.7.5.1, 11.7.5.2 e 11.7.5.5).

11.7.6.1 Inspeção visual

O acompanhamento permanente e inspeção visual atuará nas operações de escavação, carregamento, transporte, lançamento, espalhamento, umidificação, homogeneização e compactação.

Na inspeção visual, serão cuidadosamente observados:

- A escarificação, o destorroamento, a correção da umidade e a homogeneização do solo da superfície da camada compactada, suporte da camada seguinte;
- A distribuição nas áreas de trabalho dos equipamentos de transporte, espalhamento e compactação para o controle da uniformidade da compactação;
- O tipo, a qualidade e as condições de umidade do material lançado;
- Os serviços de remoção de raízes, fragmentos de madeira, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados nas áreas de trabalho;
- Gradeamento para destorroamento e homogeneização do teor de umidade do material lançado;
- O espalhamento e o controle topográfico rigoroso da espessura de camada de solo a ser compactada;
- As condições e as características dos equipamentos de compactação: peso, comprimento das patas, espaçamento entre os tambores etc.;
- Velocidade de operação dos rolos compactadores;
- O número de passadas dos rolos e a cobertura adequada da faixa durante a compactação;
- A espessura da camada após a compactação;
- A ocorrência de camadas ressecadas, fissuradas ou com fendas;
- As condições de trabalhabilidade do solo e a verificação da ocorrência de laminação, “borrachudo”, do revolvimento do solo pelas patas dos rolos etc.;
- A ligação entre camadas de mesmo material ou de materiais diferentes;

- As inclinações das superfícies dos maciços de modo que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

Completadas as operações de lançamento, espalhamento e tratamento de umidade de uma camada, a CONTRATADA fará uma análise tátil visual.

Caso esta análise suscite qualquer dúvida a respeito da umidade, serão feitos ensaios prévios e expeditos, em número determinado a critério da FISCALIZAÇÃO. De posse dos resultados dos ensaios e da análise tátil visual, a FISCALIZAÇÃO liberará a camada para compactação ou exigirá novos tratamentos para a correção da umidade.

As camadas cujo grau de compactação for inferior ao mínimo especificado serão recompactadas, enquanto aquelas cuja umidade estiver fora da faixa de desvio admitida serão abertas e novamente preparadas para compactação.

A FISCALIZAÇÃO solicitará qualquer ensaio que julgar necessário para verificação da compactação. O estabelecimento dos tipos e métodos de ensaio, bem como a sua frequência e critérios de análise dos resultados, são de competência exclusiva da FISCALIZAÇÃO.

11.7.6.2 Ensaios para Liberação de Camada

Os ensaios de liberação de camadas (grau de compactação e umidade) deverão ser realizados através da execução de ensaio de compactação pelo método desenvolvido por Jack W. Hilf, do Bureau of Reclamation – USA (Hilf, J.W. “A Rapid Method of Construction Control for Embankments of Cohesive Soils”, Engineering Monograph nº 26, Denver, Colorado, 1959), ou pelo método do frasco de areia, sendo realizados:

- No mínimo, 3 ensaios por faixa de trabalho, em locais aleatórios definidos pela FISCALIZAÇÃO / ATO, observando-se a distância máxima entre pontos de 50,00 m. A definição dos pontos deverá também considerar as seguintes situações:
  - Área onde os rolos fizerem manobras e/ou diminuírem sua velocidade durante as operações de compactação;
  - Nas junções entre zonas compactadas por rolos e equipamentos manuais, junto à fundação e junto às zonas de drenos e transição;
  - Em outros locais onde seja necessário, a critério da FISCALIZAÇÃO / ATO.

11.8 ATERRO COMPACTADO - GENERALIDADES

Para o preenchimento do sistema extravasor, no alinhamento do alteamento projetado é previsto a utilização de solo compactado. Este solo é proveniente do material retirado na escavação do sistema extravasor e deve ser utilizado seguindo as considerações abaixo. Cabe enfatizar que de forma alguma será permitida a utilização de rolos compactadores vibratórios ou qualquer outro equipamento vibratório para a compactação dos aterros.

11.8.1 Generalidades

O maciço de solo compactado, os acessos e o canal de lamas deverão ser construídos de acordo com os devidos projetos executivos. De forma geral, devem seguir as seguintes considerações.

11.8.2 Características Requeridas

O maciço de solo compactado deverá apresentar características de resistência, deformabilidade e permeabilidade, que permita o pleno desenvolvimento de suas funções durante o período operacional da barragem.

A indicação da aplicação de materiais de diferentes áreas de empréstimos no maciço da barragem deverá ser acompanhada pela FISCALIZAÇÃO e o ATO da obra, devendo ser considerada a premissa de materiais de menor permeabilidade serem empregados no espaldar de montante da barragem.

11.8.3 Teores de Umidade

Os materiais, em cada camada do maciço, deverão possuir teores de umidade dentro dos limites especificados, necessários à obtenção dos pesos específicos requeridos.

As faixas de desvio dos teores de umidade, dentro da qual deverão se situar todos os resultados dos ensaios de controle, é de –2,0 a +2,0% para solos argilosos e -2,0% a +3,5% para os solos saprolíticos de textura siltosa.

Os desvios do teor de umidade acima referidos são iguais à diferença entre os teores de umidade obtidos na praça de compactação e os teores ótimos de umidade obtidos nos ensaios de compactação executados de acordo com o ensaio de Proctor Normal da Norma NBR-7182 da ABNT, aplicado sem a secagem prévia.

As faixas de desvio especificadas acima poderão sofrer modificações, a critério exclusivo da FISCALIZAÇÃO, antes e/ou durante o decorrer da obra, em função dos resultados iniciais obtidos na execução dos aterros.

O controle da umidade deverá ser efetuado pela CONTRATADA através de métodos rápidos que serão estabelecidos antes do início da construção.

11.8.4 Homogeneidade

Dentro da zona de solo o maciço deverá ser homogêneo, quanto ao desvio de umidade e ao grau de compactação. Também as camadas individuais deverão sempre apresentar homogeneidade quanto aos teores de umidade e graus de compactação, inclusive entre o topo e a base das mesmas.

11.8.5 Lançamento e Espalhamento das Camadas

A colocação do material no maciço somente deverá ser iniciada após inspeção e liberação, pela FISCALIZAÇÃO, da área para lançamento.

Durante a colocação dos materiais deverá ser evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que defiram, substancialmente, do material circundante em textura e características.

A operação de espalhamento deverá ser feita de modo que seja obtido aterro homogêneo, tanto em relação à umidade quanto à textura e características do solo. Fica determinado que as operações de lançamento e espalhamento sejam feitas paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. As praças de trabalho do maciço deverão ser mantidas aproximadamente em nível, com inclinações suaves, que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

As superfícies deverão ser inclinadas de tal forma que as águas superficiais não sejam conduzidas às transições e ao filtro de areia, evitando-se com isso possíveis contaminações. Após o lançamento, os materiais deverão ser espalhados em camadas aproximadamente horizontais. A espessura das camadas deverá ser controlada por equipes de topografia.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir alterações nos métodos de lançamento e espalhamento, sempre que isso proporcione melhorias qualitativas.

O tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento deverá ser dirigido de modo que sua carga seja uniformemente distribuída sobre a superfície das áreas de trabalho.

Durante as operações de lançamento e espalhamento, a CONTRATADA deverá manter, nas áreas de compactação, pessoal necessário para remover raízes, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados, das áreas de trabalho.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a remoção de quaisquer quantidades de materiais colocados nas áreas de compactação, desde que não possuam as características especificadas.

Depois de espalhadas, as camadas deverão ter espessura de **25cm (camada solta)**. Em locais inacessíveis aos rolos compactadores, onde será necessário o uso de compactadores mecânicos manuais, as camadas de solo solto deverão ser espalhadas com espessuras que não excedam 15cm.

11.8.6 Proteção e Tratamento de Superfícies nas Paralisações

Qualquer junta que a CONTRATADA jugar necessária, durante a execução do serviço deverá ser submetida à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Os desníveis de mais de cinco camadas serão considerados como juntas de construção e, portanto, só poderão ser executados até um desnível máximo de 4,0 metros.

As juntas de construção em solo deverão ser protegidas adequadamente, a critério da CONTRATADA, por métodos e com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as juntas de construção, antes do lançamento do aterro sobrejacente, deverão ter suas camadas superficiais removidas até uma profundidade onde o aterro subjacente apresente compactação aceitável, a critério da FISCALIZAÇÃO. Os materiais afetados pelas trincas de ressecamento deverão ser totalmente removidos da superfície da junta.

As superfícies finais assim obtidas serão escarificadas e umedecidas, camada por camada, objetivando a perfeita ligação dos aterros adjacentes. Em caso de ocorrência de erosões, a CONTRATADA deverá recompor as superfícies, às suas expensas.

A execução de juntas de construção transversais ao eixo da barragem deverá ser evitada. Eventuais juntas transversais que se mostrarem necessárias estarão sujeitas à aprovação prévia da FISCALIZAÇÃO.

A superfície das juntas de construção em solo deverá ter uma inclinação máxima igual a 1V:3H, ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Se durante os trabalhos anunciarem-se chuvas intensas, deverá ser completada rapidamente, nos maciços, uma compactação superficial (selagem), com rolo, liso ou de pneus liberado pela FISCALIZAÇÃO. No reinício dos trabalhos, esta camada deverá ser escarificada e tratada antes da colocação da camada seguinte.

11.8.7 Correção e Homogeneização do Teor de Umidade

Os materiais aproveitáveis existentes nas escavações obrigatórias (e/ou áreas de empréstimo) e eventualmente estocados acusam variações de teor de umidade natural em função da época do ano sob o efeito das chuvas e das consequentes oscilações do nível freático. Chama-se especial atenção da CONTRATADA para que, na elaboração do Cronograma de Construção e do programa de utilização das áreas de exploração, bem como na escolha dos equipamentos de terraplenagem, seja levado em consideração este fato.

Sempre que o teor de umidade do solo não estiver dentro das faixas especificadas para a compactação, deverá ser corrigido até que sejam obtidos os valores especificados.

Quando os teores de umidade dos solos estiverem acima da faixa especificada para a compactação (–2,0 a +2,0%) para solo argiloso e (-2 a +3,5%) para solo saprolítico siltoso, a secagem do material deverá ser feita no local de exploração ou praça de trabalho por processos adequados, escolhidos pela CONTRATADA e submetidos à liberação da FISCALIZAÇÃO.

Quando da utilização de solo saprolítico de textura siltosa, o ATO juntamente à PROJETISTA e a FISCALIZAÇÃO poderá optar por não gradear (desagregar) este material, observando o comportamento deste na praça de trabalho, frente as suas propriedades reliquiares característica de solos saprolíticos, evitando a redução de resistência e o amalgamento do solo pela desagregação dos grumos.

Quando os teores de umidade dos solos forem menores que os da faixa especificada para a compactação, deverão ser corrigidos no local de exploração, utilizando-se métodos adequados liberados pela FISCALIZAÇÃO.

11.8.8 Compactação e Equipamentos Requeridos

Desde que a umidade da camada espalhada esteja dentro da faixa especificada, deverão ser iniciadas, após o nivelamento da camada, as operações de compactação, com os rolos se movendo paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. Cada passada do rolo compactador deverá cobrir total e uniformemente a área a ser compactada. Cabe ressaltar que não será permitida a utilização de rolos de compactação, nem quaisquer outros equipamentos de compactação com vibração.

Para o maciço compactado do núcleo da barragem, o grau de compactação (GC) médio requerido será de 100%, sendo aceitável desvio de ± 2% em relação ao Proctor Normal. A compactação deverá ser a mais uniforme possível.

Seguem abaixo algumas condições adicionais para garantir o controle estatístico da obra:

- nenhum ponto de controle poderá apresentar GC < 98%;
- nenhum ponto de controle poderá apresentar GC > 102%;
- a umidade do aterro, a ser verificada em todos os pontos de controle, deverá estar situada entre hót –2% e hót +2%, sendo "$h_{ót}$" a umidade ótima determinada no ensaio de Proctor Normal.

A frequência para o controle estatístico da compactação deverá ser quinzenal. Nesse controle, o grau de compactação médio, a ser determinado, poderá variar entre 98% e 100%, e o desvio padrão em cada distribuição deverá ser de até + 1,5 %. Constatando-se valores fora do especificado, medidas deverão ser tomadas visando a adequação dos métodos construtivos a fim de alcançar a desejada qualidade do aterro.

A compactação dos materiais terrosos deverá ser realizada por rolos pés-de-carneiro sem vibração, com velocidade de trabalho não superior a 5km/h.

Como alternativa, a CONTRATADA poderá apresentar à apreciação da FISCALIZAÇÃO outro tipo de equipamento não limitado aos sugeridos nesta especificação para execução da compactação. Os equipamentos deverão ser testados em aterros experimentais, que poderão ser localizados no próprio maciço do aterro.

Para a compactação de uma camada, as passagens sucessivas do rolo deverão estar separadas por distâncias iguais as existentes entre as filas consecutivas de patas nos rolos pés-de-carneiro, de modo que seja obtida uma compactação uniforme em toda a área. Cuidados especiais deverão ser tomados para que seja garantida uma perfeita ligação entre camadas contíguas.

Nos locais onde não seja possível o uso de rolos, a compactação será feita com compactadores mecânicos manuais. Nestes casos, a espessura da camada solta será no máximo de 15 cm, devendo ser estabelecida pela CONTRATADA uma norma geral quanto à mínima cobertura da área com o tipo de compactador. Será necessária uma inspeção visual cuidadosa, complementada com ensaios de campo, para a verificação da eficiência dessa compactação.

Depois de compactada, a camada de filtro vertical ou da transição, deverá ser efetuada a compactação do contato destas zonas por meio de duas passadas do rolo numa faixa de largura igual à do rolo.

11.8.9 Tratamentos Adicionais e Recompactação

Após a conclusão da compactação da camada em construção, antecedendo o lançamento da camada seguinte, é recomendado a escarificação superficial de forma a eliminar as marcas das patas dos rolos tipo pé de carneiro. É importante salientar que esta atividade visa, exclusivamente, a eliminação das marcas das patas dos rolos, devendo, portanto, se evitar que os discos do escarificador penetrem na camada compactada além do fundo das marcas das patas.

Para os solos das fundações e solos do maciço compactado, constatando-se, após a compactação, estar lisa a superfície de uma camada ou área, deverá ser a mesma escarificada com grades de disco ou outro equipamento apropriado, previamente ao lançamento de uma nova camada. Em nenhuma hipótese poderão ser lançadas camadas em superfícies lisas. Após a escarificação, deverão ser feitos o destorroamento, a correção de umidade (se necessária) e a homogeneização do material escarificado solto para a melhor ligação de cada camada com a camada seguinte.

A laminação deverá ser evitada. Caso ocorram camadas laminadas nos locais de tráfego concentrado de equipamentos de terraplenagem, elas deverão ser removidas. Serão também removidas quaisquer camadas em que se apresentem “borrachudos” (ondulações devido à deformação plástica causada pela passagem dos equipamentos de terraplenagem sobre solos com excesso de umidade).

Nos casos em que a densidade do solo compactado estiver abaixo de valores considerados adequados pela FISCALIZAÇÃO, deverão ser dadas passadas adicionais com rolo pé-de-carneiro especificado, até se atingir, pelo menos, o valor mínimo de grau de compactação especificado.

11.8.10 Controle Geral de Compactação

O controle geral da compactação será feito através de acompanhamento permanente e inspeção visual das diversas operações de escavação, carregamento, transporte, lançamento, espalhamento, umidificação, homogeneização e compactação.

Na inspeção visual, serão cuidadosamente observados:

- A escarificação, o destorroamento, a correção da umidade e a homogeneização do solo da superfície da camada compactada, suporte da camada seguinte;
- A distribuição, nas áreas de trabalho, dos equipamentos de transporte, espalhamento e compactação para o controle da uniformidade da compactação;
- O tipo, a qualidade e as condições de umidade do material lançado;
- Os serviços de remoção de raízes, fragmentos de madeira, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados nas áreas de trabalho;
- Gradeamento para destorroamento e homogeneização do teor de umidade do material lançado;
- O espalhamento e o controle topográfico rigoroso da espessura de camada de solo a ser compactada;
- As condições e as características dos equipamentos de compactação: peso, comprimento das patas, espaçamento entre os tambores, etc.;
- Velocidade de operação dos rolos compactadores;
- O número de passadas dos rolos e a cobertura adequada da faixa durante a compactação;
- A espessura da camada após a compactação;
- A ocorrência de camadas ressecadas, fissuradas ou com fendas;
- As condições de trabalhabilidade do solo e a verificação da ocorrência de laminação, “borrachudo”, do revolvimento do solo pelas patas dos rolos, etc.;
- A ligação entre camadas de mesmo material ou de materiais diferentes;
- As inclinações das superfícies dos maciços de modo que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

Completadas as operações de lançamento, espalhamento e tratamento de umidade de uma camada, a CONTRATADA fará uma análise tátil visual.
Caso esta análise suscite qualquer dúvida a respeito da umidade, serão feitos ensaios prévios e expeditos, em número determinado a critério da FISCALIZAÇÃO. De posse dos resultados dos ensaios e da análise tátil visual, a FISCALIZAÇÃO liberará a camada para compactação ou exigirá novos tratamentos para a correção da umidade.

As camadas cujo grau de compactação for inferior ao mínimo especificado serão recompactadas, e aquelas cuja umidade estiver fora da faixa de desvio admitida serão abertas e novamente preparadas para compactação.

A FISCALIZAÇÃO solicitará qualquer ensaio que julgar necessário para verificação da compactação. O estabelecimento dos tipos e métodos de ensaio, bem como a sua frequência e critérios de análise dos resultados, são de competência exclusiva da FISCALIZAÇÃO.

Em princípio, fica definido que o grau de compactação, juntamente com o teor de umidade das camadas compactadas, será verificado rotineiramente, segundo a seguinte frequência:

- para cada 500 m3 de material aplicado no maciço da barragem;

- nas junções entre zonas compactadas por sapo e rolo, junto às ombreiras e a quaisquer elementos rígidos construídos no interior dos maciços compactados;
- nas áreas onde os rolos fizerem manobras e/ou diminuírem sua velocidade durante as operações de compactação;
- outros locais onde seja necessário.

Os ensaios de caracterização completa serão realizados para cada 2.000 m^3 de material colocado na barragem.

A FISCALIZAÇÃO poderá sugerir alterações na frequência dos ensaios de comprovação, intensificando-os no início dos serviços e reduzindo-os na medida em que se estabelecer uma rotina na execução.

O grau de compactação será avaliado através da execução de ensaio de compactação pelo método desenvolvido por Jack W. Hilf, do *Bureau of Reclamation* – USA (Hilf, J.W. "*A Rapid Method of Construction Control for Embankments of Cohesive Soils", Engineering Monograph* nº 26, Denver, Colorado, 1959).

Após a raspagem de aproximadamente 5,0 cm de solo compactado, no local do ensaio, a densidade do solo compactado será determinada por cravação de cilindro biselado de parede fina atingindo a camada subjacente, ou por qualquer outro método a ser submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Serão abertos poços de inspeção nos maciços, para análise tátil e visual de suas paredes e, sempre que houver necessidade, para a extração de amostras indeformadas e verificações de juntas de construção e regiões do maciço cujas superfícies ficaram expostas ao tempo por longos períodos. Uma vez desempenhadas essas funções, os poços serão fechados, compactando-se conforme as determinações da CONTRATADA. Ressalte-se que, para a abertura destes poços de inspeção, poderá ser empregada escavadeira hidráulica, sendo as dimensões dos mesmos adequados por questões logísticas e/ou de segurança. Quando, em um poço, for solicitada a retirada de amostra indeformada, a escavação mecanizada deverá prosseguir até a cota de topo definida para o bloco. A partir deste ponto, a escavação passará a ser manual, de modo a permitir a retirada do bloco na dimensão estipulada (30x30x30 cm) e em conformidade com a norma técnica aplicável.

11.8.11 Controle de Materiais

Conforme item anterior, ou a critério da FISCALIZAÇÃO, deverão ser retirados do maciço compactado, amostras deformadas para caracterização completa, a cada 2.000 m^3 ou em locais determinados. O cadastro dos pontos amostrados deverá ser registrado pela topografia para fins de rastreabilidade.

Sobre estas amostras deverão ser executados os seguintes ensaios:

- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade;
- Granulometria com sedimentação;
- Compactação – Proctor Normal;
- Densidade e umidade naturais.

A CONTRATADA deverá manter à disposição na obra um laboratório contendo todos os equipamentos necessários à execução dos ensaios acima relacionados, seguindo as diretrizes da ABNT, bem como laboratorista especializado e pessoal de apoio.

O laboratório deverá estar disposto em instalações adequadas, com bancadas, fornecimento de água, energia e tudo o que for necessário à perfeita execução dos ensaios. O laboratório deverá ser implantado antes do início das obras e permanecer em operação até a conclusão dos aterros previstos no projeto.

11.9 DRENAGEM SUPERFICIAL

11.9.1 Concepção do Sistema

Para o correto ordenamento do volume de escoamento formado sobre as bermas, taludes e em no terreno natural nas ombreiras do maciço, adotou-se duas diferentes estruturas de drenagem superficial, a saber:

- Canais de ombreira (CO), situados nas ombreiras esquerda e direita, chamados respectivamente de COE e COD, foram projetados em concreto armado e verificados para altas e baixas declividades, em função das possibilidades de implantação no terreno nas etapas posteriores de estudos da estrutura. Têm a função de coletar o escoamento das bermas e de parte do terreno natural nas ombreias do maciço, evitando o escoamento no contato da estrutura com o terreno;
- Bermas funcionando como canais, com declividade longitudinal de 1% e transversal de 1% (Bermas de 15 a 25 m) e de 3% (Bermas de 6 m), que forma com o talude de jusante do maciço um canal em seção retangular de concreto armado moldado “in loco” ou em sarjeta triangular padrão DNIT STC-03. Foram projetadas e simuladas com revestimento em laterita a fim de se suportar velocidades de escoamento maiores. As bermas têm função de coletar o fluxo sobre os taludes e as próprias bermas e conduzi-los até os canais periféricos.

A seguir, na Figura 11.3 é apresentado o sistema de drenagem superficial proposto (Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0116).

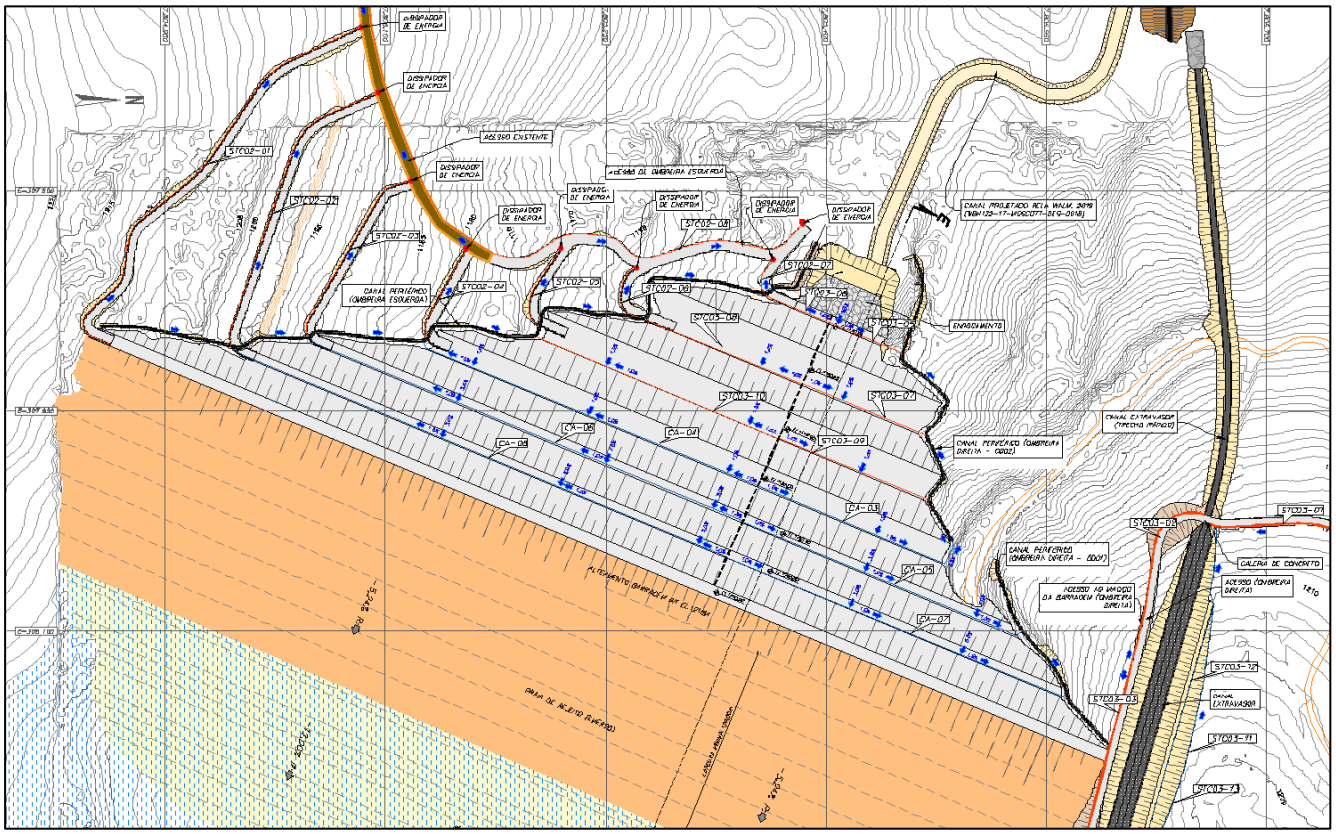


Figura 11.3 – Concepção do sistema de drenagem conceitual para o maciço da Barragem BR após alteamento para elevação 1210,00 m

11.10 ESCAVAÇÕES E REATERRO - DRENAGEM SUPERFICIAL

Este item compreende as escavações comuns, caracterizadas, em projeto, como trincheiras e valas, realizadas manualmente ou com equipamentos tipo escavadeira hidráulica, motoniveladora ou trator de esteiras de pequeno porte, em locais onde a largura da escavação e o posterior reaterro for inferior a 3,5 m.

Em princípio, estão incluídas neste item de serviço, porém sem necessariamente se ater a estes, as escavações e reaterros para implantação de:

- Estruturas de drenagem superficial escavadas no terreno natural ou aterro;
- Sistema extravasor;
- Outras estruturas de concreto.

Este serviço deverá incluir o fornecimento de mão-de-obra, equipamentos e ferramentas, bem como tudo que for necessário à completa e perfeita realização das atividades, incluindo:

- Locação topográfica, plano de escavação e memórias de cálculo detalhadas, antes do início dos serviços para aprovação da FISCALIZAÇÃO;

- Preparo manual do fundo da cava/vala compreendendo: nivelamento, raspagem, apiloamento e acerto manual de taludes;
- Remoção de entulhos, capina, esgotamento de águas pluviais ou provenientes de lençol freático, quando necessário.

O material proveniente da escavação de cavas/valas deverá, a critério da FISCALIZAÇÃO, ser depositado nas proximidades da área dos serviços para futuro reaproveitamento como material para aterro/reaterro. O material deverá ser devidamente protegido das chuvas e não poderá interferir com os demais serviços.

O reaterro das cavas e valas deverá ser executado com o próprio material de escavação, devendo a CONTRATADA estocá-lo em local apropriado, próximo ao local de escavação, e tomar todos os cuidados para a sua preservação em condições de aplicação no reaterro. Os materiais escavados que não forem utilizados para reaterro poderão ser aproveitados no corpo dos aterros de diques ou serão transportados e espalhados em locais indicados pela FISCALIZAÇÃO.

Antes do início de quaisquer serviços de escavação, será efetuado pela CONTRATANTE e pela CONTRATADA, o levantamento topográfico detalhado dos locais, a fim de serem definidas as linhas das seções originais do terreno e as linhas iniciais de escavação que, após aprovadas pelas partes, servirão de base para as medições.

A CONTRATANTE poderá exigir as modificações que julgar necessárias, e sua aprovação não eximirá a CONTRATADA de responsabilidade pela qualidade dos serviços que executar.

As escavações devem ser realizadas dentro dos alinhamentos e dimensões indicados no projeto. Aquela executada fora desses limites e/ou realizadas por conveniência da CONTRATADA deverão constar do plano de escavação aprovado pela CONTRATANTE.

A CONTRATADA deverá tomar todas as providências para que não ocorram desmoronamentos e erosões superficiais devido às escavações. Caso estes ocorram, a reparação dos danos e a retirada do material resultante deverão ser feitas, imediatamente, pela CONTRATADA e às expensas da mesma.

Se, durante as escavações, forem encontrados materiais de características diferentes das previstas, a FISCALIZAÇÃO poderá alterar os alinhamentos, as seções, os taludes e as demais dimensões indicadas no projeto.

Sejam quais forem os processos empregados, as escavações deverão ser conduzidas de modo a produzirem superfícies finais de escavação adequadas aos serviços previstos. Os materiais destinados às diferentes utilizações serão escavados e aplicados nos locais de destino ou armazenados em pilhas de estoque para uso em reaterro.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir escavações adicionais, nos casos da ocorrência de materiais prejudiciais às fundações. Os materiais provenientes das escavações só poderão ser

empregados pela CONTRATADA para seu próprio uso quando autorizado pela FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA deverá tomar medidas adequadas para manter a praça de trabalho com configuração que permita o rápido escoamento das águas e a pronta retomada dos serviços. Todas as escavações deverão apresentar taludes estáveis e superfícies com acabamento final uniforme e drenagem adequada.

Durante os trabalhos de escavação, a CONTRATADA será responsável pela estabilidade e proteção dos taludes provisórios e pelo escoramento adequado das escavações, independentemente da aprovação das linhas de taludes e dos métodos de escoramento. Após a aprovação das cotas e dos limites finais das escavações pela FISCALIZAÇÃO, tais superfícies deverão ser preparadas e tratadas.
As superfícies das áreas de fundação deverão ser regularizadas e niveladas e ter drenagem adequada de modo a permitir o seu preparo. Estas atividades absorverão trabalhos de natureza manual ou mecânica e equipamentos para remoção de materiais e compactação. Em áreas confinadas, onde não for possível o emprego de equipamentos convencionais, serão utilizadas ferramentas manuais e compactadores portáteis.

Imediatamente antes do lançamento do concreto, a superfície da fundação da estrutura de drenagem deverá ser umidificada.

12.0 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO COMPLEMENTAR

Para o alteamento da Barragem BR na elevação 1210 m foi elaborado um plano de instrumentação complementar com o objetivo de garantir o monitoramento da estrutura nesta nova elevação, além de propor adequações aos instrumentos instalados atualmente.

O plano encontra-se apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138 e considerou as seguintes modificações:

- 14 indicadores de nível d'água existentes deverão ser prolongados (Tabela 12.1);
- 3 indicadores de nível d'água existentes deverão ser mantidos (Tabela 12.2);
- 7 indicadores de nível d'água deverão ser instalados (Tabela 12.3);
- 8 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser prolongados (Tabela 12.4);
- 6 piezômetros do tipo Casagrande deverão ser instalados (Tabela 12.5);
- 3 marcos superficiais existentes deverão ser mantidos (Tabela 12.6)
- 12 marcos superficiais deverão ser instalados (Tabela 12.7);
- 2 medidores de vazão deverão ser instalados (Tabela 12.9);
- 1 régua linimétrica deverá ser instalada (Tabela 12.8).
- 8 marcos superficiais, 1 indicador de nível d'água, 1 piezômetro, 2 medidores de vazão existentes e 1 régua linimétrica deverão ser removidos (Tabela 12.10);

Tabela 12.1 - Indicador de nível d'agua existente a ser alteado

INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA EXISTENTE A SER ALTEADO					
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO	PROF.(m)	COMPRIMENTO A SER ALTADO (m)
INA01	7.805.178,20	308.009,30	1.210,00	46,8	10,0
INA02	7.805.270,10	308.048,90	1.210,00	50,08	10,0
INA03	7.805.288,50	308.017,00	1.200,00	49,26	16,06
INA04	7.805.294,30	307.993,50	1.180,00	45	18,10
INA05	7.805.346,00	308.080,60	1.210,00	55,6	11,6
INA06	7.805.352,70	308.046,40	1.200,00	52,94	16,74
INA07	7.805.368,10	308.024,50	1.170,80	45,21	17,81
INA08	7.805.435,30	308.118,40	1.210,00	50	10,2
INA09	7.805.075,20	307.970,00	1.210,00	31	10,0
INA102	7.805.229,20	307.943,20	1.190,00	39,46	17,96
INA103	7.805.226,61	308.009,29	1.200,00	55,81	12,51
INA104	7.805.377,47	308.004,35	1.180,00	46,5	22,0
INA105	7.805.307,45	307.973,03	1.180,00	38,6	20,10
INA-OE-01	7.805.537,60	308.004,00	1,169,80	17,80	4,30

Tabela 12.2 – Indicador de nível d'água existente a ser mantido

INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA EXISTENTE A SER MANTIDO		
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE
INA-OD-01	7.805.537,60	308.004,00
INA-OD-02	7.805.524,40	307.990,90
INA-OD-03	7.805.508,30	307.974,80

Tabela 12.3 – Indicador de nível d'água programado

INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA PROGRAMADO				
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	PROF.(m)
INA110	307.942,95	7.805.084,63	1.200,00	18
INA111	307.985,83	7.805.185,90	1.200,00	29
INA112	307.936,40	7.805.206,05	1.180,00	13,4
INA113	307.919,26	7.805.255,99	1.170,00	26
INA114	307.914,67	7.805.312,99	1.170,00	27,5
INA115	307.890,32	7.805.336,08	1.160,00	19
INA116	308.068,97	7.805.453,83	1.190,00	15

Tabela 12.4 – Piezômetro existente a ser alteado

PIEZÔMETRO EXISTENTE A SER ALTEADO					
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO	PROF.(m)	COMPRIMENTO A SER ALTEADO (m)
PZ102	7.805.357,86	308.049,90	1.200,00	66,48	16,58
PZ103	7.805.371,55	308.027,94	1.190,00	53,63	17,63
PZ104	7.805.286,76	308.016,10	1.200,00	62,19	28,19
PZ105	7.805.296,22	307.997,49	1.190,00	53,37	7,37
PZ106	7.805.240,83	307.971,57	1.190,00	44,53	17,63
PZ107	7.805.380,83	308.006,05	1.180,00	50,5	21,4
PZ108	7.805.302,99	307.971,33	1.180,00	43,26	20,16
PZ109	7.805.230,36	308.011,48	1.200,00	59,86	12,56

Tabela 12.5 – Piezômetro Programado

PIEZÔMETRO PROGRAMADO				
INSTRUMENTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO	PROF.(m)
PZ110	307.945,29	7.805.088,68	1.200,00	21
PZ111	307.988,02	7.805.189,96	1.200,00	36
PZ112	307.938,59	7.805.210,63	1.180,00	20
PZ113	307.921,45	7.805.260,04	1.170,00	26
PZ114	307.943,86	7.805.317,04	1.170,00	30
PZ115	308.071,16	7.805.399,11	1.190,00	24

Tabela 12.6 – Marco Superficial existente a ser mantido

MARCO SUPERFICIAL EXISTENTE A SER MANTIDO			
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO
MS01	7.805.531,60	307.996,40	1.181,50
MS02	7.805.525,80	307.989,20	1.177,90
MS03	7.805.511,10	307.972,40	1.171,40

Tabela 12.7 – Marco superficial programado

MARCO SUPERFICIAL PROGRAMADO			
INSTRUMENTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
MS04	307.969,43	7.805.076,14	1.210,00
MS05	307.919,44	7.805.096,76	1.190,00
MS06	308.010,37	7.805.173,92	1.210,00
MS07	307.937,10	7.805.208,62	1.180,00
MS08	308.030,71	7.805.223,38	1.210,00
MS09	308.050,43	7.805.270,20	1.210,00
MS10	307.938,91	7.805.316,41	1.170,00
MS11	308.082,18	7.805.345,95	1.210,00
MS12	308.008,12	7.805.376,98	1.180,00
MS13	307.974,16	7.805.391,31	1.170,00
MS14	308.119,45	7.805.435,07	1.210,00
MS15	308.045,39	7.805.465,88	1.210,00

Tabela 12.8 – Régua linimétrica programada

RÉGUA PROGRAMADA			
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO
RÉGUA	7.726.434,96	629.392,77	1.198,20

Tabela 12.9 – Medidor de vazão programado

MEDIDOR DE VAZÃO PROGRAMADO			
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE	ELEVAÇÃO
MV1	7.805.433,40	307.848,82	1.138,00
MV2	7.805.503,71	308.080,47	1.186,00

Tabela 12.10 – Instrumentos existentes a serem desativados

INSTRUMENTOS EXISTENTES A SEREM DESATIVADOS		
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE
MS04	7.805.177,69	308.008,38
MS05	7.805.201,54	307.952,70
MS06	7.805.269,76	308.048,09
MS07	7.805.292,55	307.994,66
MS08	7.805.307,66	307.957,06
MS09	7.805.344,84	308.080,03
MS10	7.805.366,92	308.024,88

INSTRUMENTOS EXISTENTES A SEREM DESATIVADOS		
INSTRUMENTO	NORTE	LESTE
MS11	7.805.384,53	307.989,80
INA101	7.805.421,22	308.063,33
PZ101	7.805.426,55	308.065,10
MV4	7.805.259,96	307.891,17
MV2	7.805.418,63	307.916,44
RÉGUA	7.805.526,81	308.311,44

Os instrumentos existentes deverão ser mantidos e protegidos durante o período construtivo. Caso sejam danificados, deverá ser realizada uma avaliação da possível instalação de novo instrumento.

Destaca-se que a CONTRATANTE, deverá aprovar a empresa subcontratada para execução da instrumentação.

No caso dos novos instrumentos, estes deverão ser instalados em furos independentes, seguindo-se as recomendações construtivas apresentadas a seguir e observando-se as condições de limpeza e estabilidade das paredes do furo. Os desenhos ilustram as seções típicas e detalhes típicos, além de apresentarem os pontos indicados para a instalação dos instrumentos supracitados.

Os instrumentos deverão ser instalados nos pontos designados logo após a finalização dos trabalhos de rebatimento dos taludes com a formação definitiva dos bancos e bermas.

Os instrumentos deverão ser identificados pelas letras PZ, para os piezômetros de Casagrande, INA, para indicadores de nível d'água e MS, para os marcos. Além disso, deverão ser apresentadas em placas metálicas, próximas aos mesmos, as suas principais características, como identificação de campo, coordenadas, executor e data de instalação.

Durante a instalação dos instrumentos, deverão ser registrados os seguintes dados: profundidade total, profundidade do filtro, pré-filtro, selo de bentonita (para o caso dos piezômetros), cota da boca do furo e comprimento acima do terreno. Todos os supracitados dados deverão ser registrados em boletins de instalação dos instrumentos e em um quadro resumo de instalação.

Nota:
A CONTRATADA deverá aprovar a empresa subcontratada para instalação dos instrumentos.

12.1 PIEZÔMETROS DE CASAGRANDE (PZ)

12.1.1 Identificação

Os piezômetros deverão ser identificados pelas letras “PZ”, seguidas de número indicativo, conforme especificado nos desenhos de projeto.

12.1.2 Equipamentos e Acessórios Principais:

- Tubos de PVC rígido de diâmetro de 2” ou tubo geomecânico corrugado de igual diâmetro;
- Tubos de PVC rígido de diâmetro de 2” preparados para trecho em filtro de comprimento variável, com furos de diâmetro 1/16”, dispostos em seções espaçadas de 4,0 cm, contendo oito furos diametralmente opostos em cada seção, protegidos por tela ou manta geotêxtil ou, alternativamente, filtro geomecânico. Alternativamente, poderá optar por ranhuras de aproximadamente 1,0 mm de espessura, 6,0 mm de comprimento e espaçamento de 8,0 cm, executadas em 4 faces de tubo e dispostas alternadamente para o trecho do filtro;
- Centralizadores;
- Areia graduada e lavada com granulometria entre 0,5 e 2,0 mm;
- Bentonita (pó);
- Cimento tipo Portland;
- Tubo protetor de aço de diâmetro 4” (mínimo);
- Boletim de Instalação de piezômetros, com, no mínimo, os dados citados no item 12.1

12.1.3 Cuidados Preventivos

Não é recomendado o uso de lamas bentonítica ou similares para estabilização das paredes durante a execução dos furos por afetar, adversamente, as leituras e a eficiência dos instrumentos. Como forma alternativa de se evitarem desmoronamentos excessivos, deverão ser instalados, provisoriamente, tubos como revestimentos que serão retirados no momento da instalação dos piezômetros.

Profundidades onde houverem perdas excessivas de fluido durante a perfuração e detalhes relacionados às atividades de instalação dos instrumentos deverão ser devidamente registradas no boletim de sondagem e/ou no boletim de resumo de instalação dos instrumentos.

As condições finais de perfuração e o perfil dos materiais encontrados em cada furo programado para instalação dos instrumentos deverão ser comparados com as condições

previamente esperadas. Se constatadas diferenças significativas entre as condições reais e as condições antecipadas, o projeto de instalação deverá ser revisto ou replanejado.

As paredes do furo deverão estar estáveis e o furo livre de substâncias como óleos e graxas e/ou fluido de sondagem que poderão interferir nas leituras e/ou a instalação dos piezômetros.

A profundidade final atingida pela sondagem/perfuração e as condições/especificações dos materiais para instalação dos piezômetros deverão estar de acordo com as especificações solicitadas para cada instrumento.

12.1.4 Etapas Executivas

- Etapa 1 – Execução dos Furos

  - Os furos para instalação de piezômetros deverão ser locados através de meios topográficos, observando-se as coordenadas indicadas no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138;
  - Deverá ser levantada a cota da boca do tubo do piezômetro, cota da superfície do terreno na base do mesmo e suas coordenadas de campo;
  - Após a conclusão do furo, o mesmo deverá estar limpo;
  - Os resultados dos serviços de perfuração deverão estar devidamente registrados nos boletins de sondagens que serão entregues ao final da perfuração;
  - Todos os instrumentos deverão ser instalados à medida em que o aterro atingir a berma na qual o seu topo foi locado.

- Etapa 2 – Instalação dos piezômetros

  - Os piezômetros de câmara única serão instalados na profundidade especificada no projeto. A Figura 12.1 ilustra o perfil esquemático de instalação de um piezômetro;
  - Durante a instalação, cuidados especiais deverão ser tomados para se evitar que materiais indesejáveis caiam dentro do furo. Caso isto aconteça, a critério da FISCALIZAÇÃO, será solicitada uma nova limpeza do furo ou a abertura de um novo furo para a instalação do instrumento. Qualquer anormalidade ou diferença das condições esperadas deverá ser registrada no resumo de instalação do instrumento e prontamente notificada à FISCALIZAÇÃO para que sejam tomadas providências e decisões sobre sua instalação;
  - O pré-filtro deve ser composto de areia lavada e graduada entre as granulometrias de 0,5 e 2,0 mm. A areia deverá ser bem arredondada e limpa (livre de matéria orgânica, resíduos, etc.).
  - Antes da instalação da câmara piezométrica, deve-se lançar o equivalente a 0,50 m de coluna de pré-filtro.
  - A câmara piezométrica será composta por tubo PVC diâmetro de 2” com as paredes perfuradas em linhas, com furos de diâmetro de 1/16” e envolto por tela (trecho em filtro). Estas linhas serão espaçadas a cada 4,0 cm, desde

sua base até o comprimento total do filtro (1,0 m). Cada linha de furos contará com um mínimo de quatro furos diametralmente opostos envoltos por tela. Alternativamente, poderão ser feitas ranhuras de aproximadamente 1,0 mm de espessura, 6,0 mm de comprimento e espaçamento de 8,0 cm, executadas em 4 faces de tubo e dispostas alternadamente. Abaixo do trecho em filtro deverá haver um trecho de tubo corrugado, de pequeno comprimento, para o acúmulo de eventuais detritos que entrem no piezômetro. Na base do tubo, deverá existir um tampão. Acima do trecho em filtro, será executado trecho em PVC não perfurado. A composição de tubos deverá ser inserida no furo com cuidado e deverá ser mantida suspensa durante todo o procedimento de instalação, evitando-se que os tubos se apoiem no fundo do furo.

- O pré-filtro de areia deverá preencher o espaço anelar entre o tubo e as paredes do furo, desde sua base (ou do selo inferior) até, aproximadamente, 2,0 m de altura. O volume de pré-filtro deve ser cuidadosamente determinado previamente. Em furos profundos, o lançamento do pré-filtro poderá ser feito hidraulicamente, através de um tubo auxiliar (tremie pipe).
- No caso de o furo estar revestido, a implantação do pré-filtro se dá na medida em que o revestimento é sacado. Esta operação deverá ser cuidadosamente executada para se evitar falhas e imperfeições no pré-filtro provocadas por desmoronamentos das paredes do furo. Para um perfeito funcionamento do pré-filtro, considerou-se uma camada de 0,50 m de espessura de areia como transpasse entre o filtro e o selo de bentonita.
- Imediatamente acima do pré-filtro, será colocado o selo superior constituído por bentonita (mínimo, 4 m de comprimento). O restante do furo poderá ser preenchido, preferencialmente por selo de bentonita, ou, alternativamente, por areia lavada grossa.
- O selo de bentonita com calda cimento (grout) consiste em uma mistura de cimento Portland com 4 a 5 % em peso de bentonita adicionada com o objetivo de auxiliar a expansão do cimento durante a pega e promover uma melhor selagem. O cimento empregado deve ser do tipo I ou II, conforme as normas. O uso de cimentos do tipo III é proibido.
- A bentonita deve ser sódica do tipo tradicionalmente fornecido em sacos sem aditivos. Bentonitas cálcicas podem ser empregadas em alguns ambientes ricos em cálcio. A água utilizada durante a operação de colocação da mistura deve ser obtida de uma fonte potável, de qualidade química conhecida e previamente aprovada pela FISCALIZAÇÃO.
- O cimento deve ser misturado com água na proporção de 1,2 a 2 l (litros) de água para cada 1,0 kg de cimento. À mistura total, deve-se adicionar 2,0 kg de bentonita sódica para cada saco de cimento de 50,0 kg utilizado na obtenção do grout (4 % em peso). O grout deve ser totalmente misturado em misturador mecânico ou utilizando-se uma bomba hidráulica para circular a mistura. O grout deve ser rejeitado se contiver a presença de material consolidado.
- Uma amostra do grout deve ser tomada antes da injeção do mesmo no furo. O volume de grout, assim como de bentonita, cimento e água necessários para o preenchimento do furo, deve ser calculado previamente. O volume

deve incluir uma quantidade maior para compensar perdas. O grout do selo de fundo pode ser injetado através de hastes de sondagem ou de um tubo auxiliar (tremie) com diâmetro interno de, pelo menos, ½";

- Imediatamente acima do grout, o furo deverá ser preenchido com reaterro do tipo solo cimento ou até mesmo grout;
- Todos os dados pertinentes à instalação dos instrumentos deverão ser registrados em boletins específicos. A Figura 12.1 apresenta o perfil esquemático do Piezômetro Casagrande.

- Etapa 3 – Acabamento final

  - Na superfície, deverá ser deixada uma ponta de tubo de 1,00 m de altura, munida de tampa com rosca ou encaixável para que possa permitir as leituras posteriores;
  - O instrumento deverá ser identificado com placa contendo: nome, coordenadas, cota de boca e fundo, executor e data de instalação;
  - Deverá ser instalada proteção superficial para proteger os piezômetros contra danos acidentais e/ou vandalismo. Em locais com grande circulação de animais, deverá ser providenciada uma cerca nos arredores do instrumento.

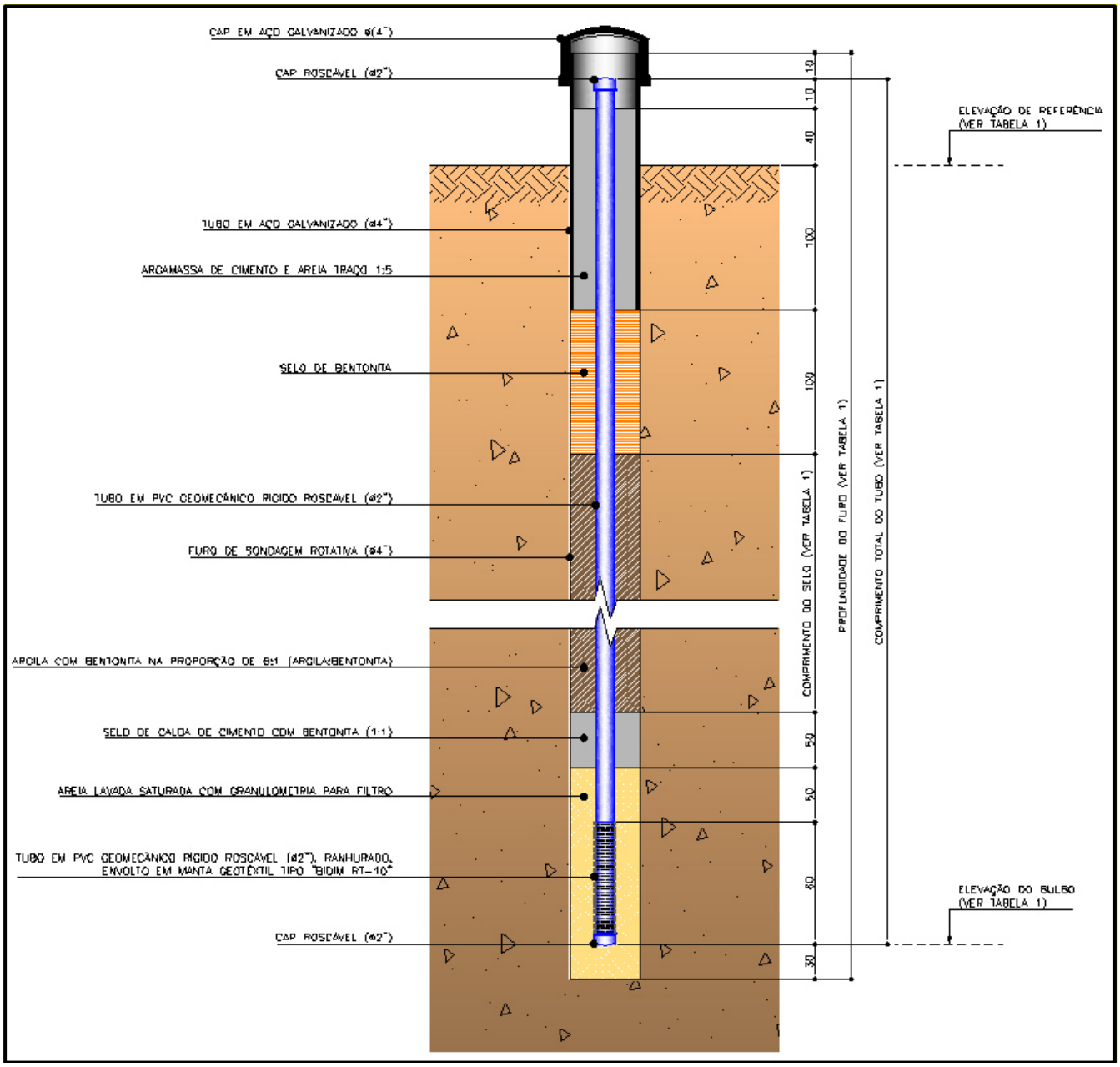


Figura 12.1 – Perfil esquemático do Piezômetro.

12.2 INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA (INA)

12.2.1 Identificação

Os INA's deverão ser identificados pelas letras INA, seguidas de número indicativo com dois dígitos subsequentes referentes ao número do instrumento e respectivas profundidades entre parênteses, conforme especificado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138.

12.2.2 Equipamentos e Acessórios Principais:

- Tubos de PVC rígido de diâmetro de 2” ou tubo geomecânico de igual diâmetro;
- Tubos de PVC rígido de diâmetro de 2” preparados para trecho em filtro de comprimento variável, com furos de diâmetro 1/16”, dispostos em seções espaçadas de 4,0 cm, contendo oito furos diametralmente opostos em cada seção, protegidos por tela ou manta geotêxtil, ou alternativamente, filtro geomecânico. Alternativamente, poderá optar por ranhuras de aproximadamente 1,0 mm de espessura, 6,0 mm de comprimento e espaçamento de 8,0 cm, executadas em 4 faces de tubo e dispostas alternadamente para o trecho do filtro;
- Centralizadores;
- Areia graduada e lavada com granulometria entre 0,5 e 2,0 mm;
- Bentonita (pó);
- Cimento tipo Portland;

12.2.3 Cuidados Preventivos

Não é recomendado o uso de lamas com bentonita ou similares, para assegurar a estabilidade da parede durante a execução do furo, por afetar, adversamente, as leituras e a eficiência dos instrumentos. Como forma alternativa de se evitarem desmoronamentos excessivos, deverão ser instalados, provisoriamente, tubos como revestimentos que serão retirados no momento da instalação dos medidores.

Profundidades onde houverem perdas excessivas de fluido durante a perfuração e detalhes relacionados às atividades de instalação dos instrumentos deverão ser devidamente registradas no boletim de sondagem e/ou no boletim de resumo de instalação dos instrumentos.

As condições finais de perfuração e o perfil dos materiais encontrados em cada furo programado para instalação dos instrumentos deverão ser comparados com as condições previamente esperadas. Caso haja diferenças significativas em relação às condições previamente antecipadas, o projeto de instalação deverá ser revisto ou replanejado.

As paredes dos furos deverão estar estáveis e o mesmos livres de substâncias como óleos e graxas e/ou fluido de sondagem que poderão interferir nas leituras e/ou a instalação dos indicadores.

A profundidade final atingida pela sondagem/perfuração e as condições/especificações dos materiais para instalação dos indicadores deverão estar de acordo com as especificações estipuladas para este tipo de instrumento.

12.2.4 Etapas executivas

- Etapa 1 – Execução dos Furos

  - Os furos para instalação dos INA's deverão ser locados através de meios topográficos, observando-se as coordenadas indicadas no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138;
  - Deverá ser levantada a cota da boca do tubo dos INA's, cota da superfície do terreno na base do mesmo e as coordenadas de campo;
  - Após a conclusão do furo, o mesmo deverá estar limpo e manter suas paredes estáveis.
  - Os resultados dos serviços de perfuração deverão estar devidamente registrados nos boletins de sondagens que serão entregues ao final da perfuração.
  - Todos os instrumentos deverão ser instalados à medida em que o aterro atingir as bermas nas quais os topos dos mesmos encontram-se locados.

- Etapa 2 – Instalação dos indicadores de nível d'água

  - Os INA's somente serão instalados nos furos de sondagem nas condições de limpeza e estabilidade das paredes do furo. Qualquer anormalidade ou diferença das condições esperadas deverá ser registrada no resumo de instalação do instrumento e prontamente notificada à FISCALIZAÇÃO, para que sejam tomadas providências e decisões sobre sua instalação.
  - Durante a instalação, cuidados especiais deverão ser tomados para se evitar que sujeira e materiais indesejáveis caiam dentro do furo. Caso isto aconteça, a critério da FISCALIZAÇÃO, será solicitada uma nova limpeza do furo ou a abertura de um novo furo para a instalação do instrumento.
  - Inicialmente, deve-se preencher o fundo do furo com areia lavada e graduada entre as granulometrias de 2,00 mm e 0,50 mm. Este intervalo deverá ter altura variando de 30,0 a 50,0 cm e servirá de base para assentar o tubo que constitui o conduto para medida do nível d'água. No caso dos furos revestidos, esta operação será realizada simultaneamente com a retirada do revestimento.
  - O corpo do medidor de nível d'água é constituído por um filtro geomecânico, ou alternativamente, por um tubo de PVC de diâmetro de 2" com paredes perfuradas em linhas de furos de diâmetro de 1/16". Estas linhas serão espaçadas a cada 8 cm, desde sua base até, aproximadamente, a altura correspondente a 50,0 cm abaixo da superfície do terreno no local onde o instrumento será instalado. Cada linha de furos contará com um mínimo de oito furos diametralmente opostos para facilitar sua execução, envoltos por tela ou manta geotêxtil.
  - Os tubos poderão ser unidos por luvas coladas ou de rosca. Na base do tubo, deverá existir um tampão que também poderá ser colado ou rosqueado.
  - A areia graduada e lavada entre as granulometrias de 2 mm e 0,50 mm deverá preencher o espaço anelar entre o tubo e as paredes do furo, desde

sua base até, aproximadamente, 50,0 cm abaixo da superfície do terreno no local onde o instrumento será instalado. Este procedimento, poderá ser executado manualmente, despejando-se a areia entre o tubo e as paredes do furo. A areia deverá ser bem arredondada e limpa, livre de matéria orgânica, resíduos, etc.

- No caso do furo estar revestido, o preenchimento com areia será realizado à medida que o revestimento for sacado. Esta operação deverá ser cuidadosamente executada para evitar falhas e imperfeições no pré-filtro provocadas por desmoronamentos das paredes do furo.
- Imediatamente acima do revestimento com areia, deverá ser colocada a calda de cimento e bentonita (grout), que funcionará como selo superficial.
- Todos os dados pertinentes à instalação dos instrumentos deverão ser registrados em boletins específicos. A Figura 12.2 apresenta o perfil esquemático do Indicador de Nível d'Água.

- Etapa 3 – Acabamento final

  - Na superfície, deverá ser deixada uma ponta de tubo de 1,00 m de altura, munida de tampa com rosca ou encaixável para que possa permitir as leituras posteriores;
  - O instrumento deverá ser identificado com placa contendo: nome, coordenadas, cota de boca e fundo, executor e data de instalação;
  - Uma proteção superficial deverá ser providenciada para proteger os medidores de nível d'água contra danos acidentais e/ou vandalismo. Em locais com grande circulação de gado, deverá ser providenciada uma cerca nos arredores do instrumento.

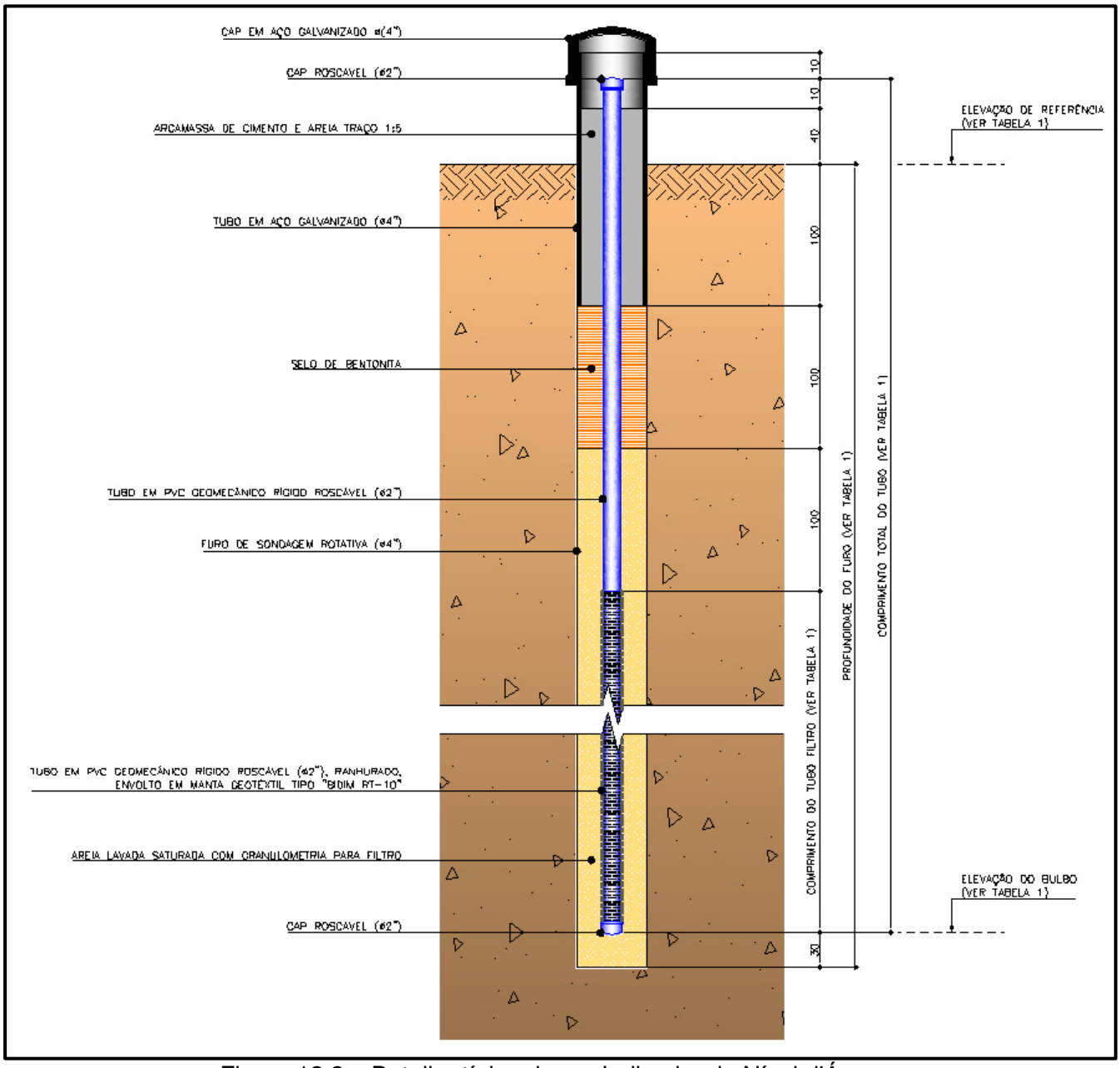


Figura 12.2 – Detalhe típico de um Indicador de Nível d'Água.

- Etapa 4 – Teste de Funcionamento

Após o indicador de nível d´água ter sido instalado, o mesmo deverá ser limpo com circulação de água limpa, por gravidade. A água utilizada deverá ser isenta de sólidos em suspensão. Após a instalação ter sido verificada pela FISCALIZAÇÃO, deverá ser executado ensaio para verificar o funcionamento do INA.

O ensaio de verificação de funcionalidade (teste de vida) do instrumento consistirá em preencher o instrumento com água até a boca, observando a descida do nível de água no

interior do tubo. As leituras de acompanhamento da descida do nível de água obedecerão ao seguinte critério:

- Leitura a cada minuto, nos primeiros 5 minutos;
- 2 leituras de 5 em 5 minutos;
- 3 leituras de 15 em 15 minutos; e
- Posteriormente, a cada hora até atingir a estabilização.

Observação: O horário das leituras deverá ser adequado preferencialmente para o período diurno de trabalho.

As leituras do nível de água serão executadas com medidor elétrico. Os dados coletados deverão ser inseridos em tabela e "plotadas" em gráfico.

O indicador de nível d´água será aceito como acabado, após a FISCALIZAÇÃO aprovar o teste de funcionamento. Caso o instrumento não atenda ao teste de funcionamento, e não seja aprovado pela FISCALIZAÇÃO, deverá ser substituído pela CONTRATADA, o qual deverá arcar com os custos da nova instalação.

A executora de instalação dos indicadores de nível d´água deverá emitir relatório, para aprovação pela FISCALIZAÇÃO, atestando a instalação e o seu funcionamento, constando:

- Perfil do terreno (maciço);
- Esquema de instalação com a posição dos selos, trechos perfurados, elevação de instalação, etc.;
- Locação e nivelamento da "cota de boca" do INA;
- Tabelas e gráficos de leituras do teste de funcionamento.

Todos os dados pertinentes à instalação dos indicadores deverão ser registrados em boletins de instalação dos instrumentos ou em quadro resumo de instalação.

12.3 MARCOS SUPERFICIAIS (MS)

Os marcos superficiais (MS) serão empregados no monitoramento de recalques superficiais do maciço. A Figura 12.3 apresenta o perfil esquemático do Marco Superficial.

Os MSs deverão ser instalados sobre as bermas do alteamento após sua construção para monitoramento de recalque da nova estrutura, conforme detalhes e locações apresentadas no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138.

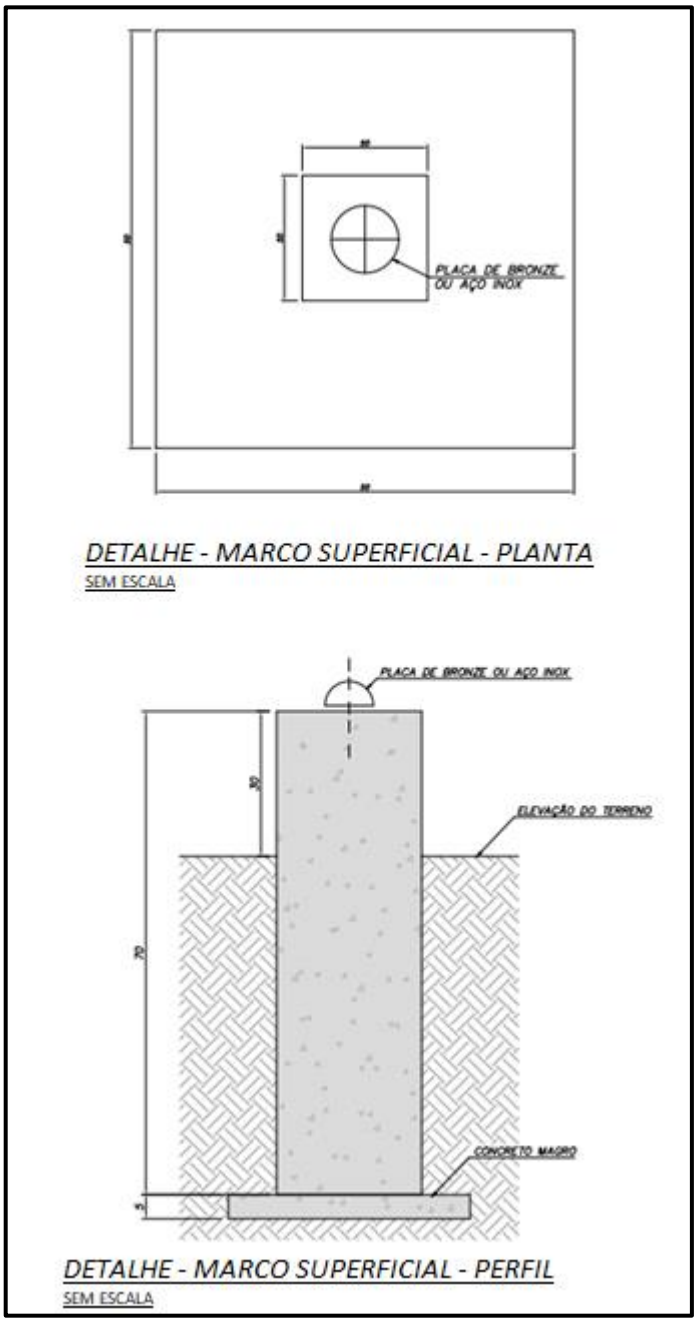


Figura 12.3 – Detalhe típico de um Marco Superficial.

12.3.1 Equipamentos e Acessórios Principais

- Poço com diâmetro de 50 cm por 250 cm;
- Concreto para preenchimento do poço;
- Chapa metálica, cuja finalidade é servir de apoio para uma mira de aço ou baliza com prisma de reflexão;
- Placa de identificação do instrumento.

12.3.2 Método Executivo

- No local determinado pelo projeto, será aberta uma perfuração com, aproximadamente, 50 cm de diâmetro por 250 cm, onde será instalada a haste do MS;
- Em seguida, tomando-se o cuidado de nivelar o fundo do poço, será lançado o concreto com f_{ck} = 15 MPa;
- Fixar a chapa metálica centralizada no topo do concreto, para permitir o apoio dos instrumentos que farão as leituras;
- Após a instalação do MS, o instrumento será aprovado se não apresentar movimento quando submetido a um esforço manual. Após esta verificação, que deve respeitar a cura do concreto, será tomada a leitura inicial (L_o);
- O MS que não atender às condições acima discriminadas será considerado "não conforme", devendo ser reinstalado. A leitura inicial (L_o) somente poderá ser feita após a aprovação do MS pela FISCALIZAÇÃO;
- Depois de executado o instrumento, as coordenadas e elevação do mesmo, no seu contato com a superfície do terreno, devem ser levantadas por topografia e registradas nos boletins de campo;
- Também deverá ser providenciada a devida identificação em campo do instrumento com número, coordenadas, cota, executor e data de instalação.

12.4 MEDIDOR DE VAZÃO (MV)

A jusante da descarga do colchão/tapete drenante, deverá ser instalado, pela CONTRATADA, um medidor de vazão (MV-01). Outro medidor de vazão (MV-02) deverá ser instalado a jusante da saída do extravasor atual. Para locação dos mesmos, ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138 e DF19-263-1-EG-DWG-0141.

Caberá à CONTRATADA o fornecimento do material a ser construído o MV, nas dimensões definidas em projeto, e implantação da estrutura necessária à sua instalação no campo.

12.5 RÉGUA LINIMÉTRICA

No emboque do extravasor deverá ser implantada a régua linimétrica conforme desenho DF19-263-1-EG-DWG-0138.

13.0 DISPOSIÇÃO DE REJEITOS

O plano de disposição de rejeito encontra-se apresentado no relatório técnico DF19-263-1-EG-RTE-0002.

14.0 CANAL DE LAMAS

14.1 ESCAVAÇÕES, CARGA, ESTOCAGEM E TRANSPORTE DE MATERIAIS

Este item estabelece as diretrizes gerais para a execução das atividades de escavação, carga e transporte de solos relacionadas ao alteamento da Barragem BR, incluindo tratamento de fundação, obtenção de materiais de construção (área de empréstimo) e serviços de infraestrutura para a realização das obras – abertura de acessos, implantação de canteiros de obras e outros.

A seguir são apresentadas as definições dos tipos de escavações previstas:

- Escavação Comum
  - Consiste na escavação de materiais terrosos em geral, incluindo solos argilosos e arenosos com ou sem cascalho, fragmentos soltos ou blocos de rocha que possuam volume igual ou menor que 1 m³ e qualquer outro material que possa ser escavado sem a necessidade do uso de explosivos ou do emprego de tratores tipo CAT D6 ou similar munidos de escarificadores hidráulicos;
  - A classificação deste material será efetuada, quando já não especificada no projeto pela PROJETISTA (projeto ou plano de exploração de áreas de empréstimo), pela FISCALIZAÇÃO e EQUIPE TÉCNICA, sendo considerados os argumentos da CONTRATADA. Na classificação não será feita distinção entre materiais secos, úmidos, alagados, duros ou moles, fofos ou compactos.

- Escavação por Escarificação
  - Compreende a remoção de rocha decomposta, que exige a utilização de tratores de esteira tipo CAT D6 ou similar, equipados com escarificadores hidráulicos;
  - Inclui-se, nesta classificação, a remoção de matacões com diâmetro acima de 1,00 m, que não exija o emprego sistemático de explosivos e utilização de equipamento completo de perfuração;

- Escavação Confinada
  - Consiste na escavação e remoção de blocos rochosos, areia, solo ou materiais decompostos oriundos de fendas, falhas e cavidades, dentro ou

além do alinhamento da escavação, quando o emprego de ferramentas e métodos manuais for necessário;

- Em Trincheiras ou Valas

  - Consiste em escavações comuns caracterizadas em projeto como trincheiras ou valas, realizadas com equipamentos tipo retroescavadeira, dragline ou clamshell, em locais onde a largura da escavação for inferior a 3,5 m.

A CONTRATADA deverá elaborar um plano de escavação e submeter à FISCALIZAÇÃO, para sua liberação e posterior início das atividades. O plano de escavação deverá indicar as estradas de serviço, frentes de trabalho, cronograma detalhado de execução, produções mensais previstas, áreas de bota fora ou estoque, relação de equipamentos e os métodos a serem utilizados.

A CONTRATADA deverá executar todas as escavações nos alinhamentos, taludes e dimensões especificados, conforme os desenhos de projeto.

A CONTRATADA notificará a FISCALIZAÇÃO antes de iniciar qualquer escavação, de forma que haja tempo suficiente para a FISCALIZAÇÃO realizar as devidas verificações, via levantamento topográfico.

Durante a execução dos trabalhos, as condições geológico-geotécnicas encontradas poderão exigir ajustes do projeto quanto aos alinhamentos, níveis de fundação, taludes e dimensões indicados nos desenhos de projeto. Sempre que tais ajustes se mostrarem necessários, caberá à CONTRATADA informar à FISCALIZAÇÃO para que a PROJETISTA seja acionada para execução das modificações nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA tomará todas as precauções indispensáveis para não danificar quaisquer materiais abaixo e além das linhas de escavações. Quaisquer danos causados pelos trabalhos na área de escavação ou por quaisquer outras atividades da CONTRATADA deverão ser por esta, reparados às suas expensas. Qualquer escavação fora dos alinhamentos mostrados nos desenhos de projeto, exceto onde autorizado pela FISCALIZAÇÃO, será considerada como serviço não autorizado e deverá receber tratamento a ser determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as escavações que ficarem permanentemente expostas deverão apresentar taludes estáveis, superfícies bem-acabadas, regulares e com drenagem adequada, conforme estabelecido nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA deverá escavar, separadamente, os materiais destinados a várias utilizações, mediante métodos apropriados, previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO. Os materiais escavados serão colocados diretamente nos locais de destino ou serão estocados para uso futuro. Outras aplicações dos materiais provenientes das escavações deverão ser aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

O material excedente ou imprestável, devido à má qualidade, deverá ser objeto de deposição em locais previamente indicados pela FISCALIZAÇÃO, no sentido de não prejudicar a utilização da área ou a paisagem regional. Esta paisagem deverá ser sempre preservada e/ou recomposta durante todo o período de execução da obra.

14.1.1 Bota Fora

Os materiais escavados considerados inadequados serão destinados a áreas de bota fora. As áreas de bota fora serão definidas pela CONTRATANTE, devendo estar aderentes às diretrizes aqui estabelecidas.

A CONTRATADA tomará precauções para que o material depositado não venha a causar danos às áreas e obras adjacentes – deslizamento, erosão e outros fenômenos instabilizantes. Deverão ser previstos sistema de drenagem superficial e proteção de taludes para bota fora(s).

Os aterros de bota fora deverão apresentar taludes estáveis, não mais íngremes do que 2H:1V, salvo quando indicado o contrário. Qualquer reparo para desobstrução das áreas afetadas por eventuais desmoronamentos será executado pela CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá prever, em seu planejamento, que os materiais sejam dispostos pelo processo de lançamento em ponta e espalhados através da utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem, constituídos basicamente de tratores de esteiras.

Também deverá ser previsto o eventual zoneamento dos materiais no lançamento em ponta, de forma a obter taludes mais estáveis e melhor aparência estática, ou visando a utilização futura.

14.2 ATERRO COMPACTADO - GENERALIDADES

Para a conformação do canal, no alinhamento do mesmo, é previsto a utilização de solo compactado. Este solo pode ser proveniente do material retirado na escavação do próprio canal ou de outras áreas a serem definidas pela Mosaic e deve ser utilizado seguindo as considerações abaixo.

Além do canal de lamas, para os acessos também é previsto maciço de solo compactado que deve seguir as mesmas considerações indicadas.

14.2.1 Generalidades

O maciço de solo compactado, os acessos e o canal de lamas deverão ser construídos de acordo com os devidos projetos executivos. De forma geral, devem seguir as seguintes considerações.

14.2.2 Características Requeridas

O maciço de solo compactado deverá apresentar características de resistência, deformabilidade e permeabilidade, que permita o pleno desenvolvimento de suas funções durante o período operacional da barragem.

A indicação da aplicação de materiais de diferentes áreas de empréstimos no maciço da barragem deverá ser acompanhada pela FISCALIZAÇÃO e o ATO da obra, devendo ser considerada a premissa de materiais de menor permeabilidade a serem empregados.

14.2.3 Teores de Umidade

Os materiais, em cada camada do maciço, deverão possuir teores de umidade dentro dos limites especificados, necessários à obtenção dos pesos específicos requeridos.

As faixas de desvio dos teores de umidade, dentro da qual deverão se situar todos os resultados dos ensaios de controle, é de –2,0 a +2,0% para solos argilosos e -2,0% a +3,5% para os solos saprolíticos de textura siltosa.

Os desvios do teor de umidade acima referidos são iguais à diferença entre os teores de umidade obtidos na praça de compactação e os teores ótimos de umidade obtidos nos ensaios de compactação executados de acordo com o ensaio de Proctor Normal da Norma NBR-7182 da ABNT, aplicado sem a secagem prévia.

As faixas de desvio especificadas acima poderão sofrer modificações, a critério exclusivo da FISCALIZAÇÃO, antes e/ou durante o decorrer da obra, em função dos resultados iniciais obtidos na execução dos aterros.

O controle da umidade deverá ser efetuado pela CONTRATADA através de métodos rápidos que serão estabelecidos antes do início da construção.

14.2.4 Homogeneidade

Dentro da zona de solo, o maciço deverá ser homogêneo, quanto ao desvio de umidade e ao grau de compactação. Também as camadas individuais deverão sempre apresentar homogeneidade quanto aos teores de umidade e graus de compactação, inclusive entre o topo e a base das mesmas.

14.2.5 Lançamento e Espalhamento das Camadas

A colocação do material no maciço somente deverá ser iniciada após inspeção e liberação, pela FISCALIZAÇÃO, da área para lançamento.

Durante a colocação dos materiais deverá ser evitada a formação de lentes, bolsões e camadas contínuas de material que defiram, substancialmente, do material circundante em textura e características.

A operação de espalhamento deverá ser feita de modo que seja obtido aterro homogêneo, tanto em relação à umidade quanto à textura e características do solo. Fica determinado que as operações de lançamento e espalhamento sejam feitas paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. As praças de trabalho do maciço deverão ser mantidas aproximadamente em nível, com inclinações suaves, que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

As superfícies deverão ser inclinadas de tal forma que as águas superficiais não sejam conduzidas às transições e ao filtro de areia, evitando-se com isso possíveis contaminações. Após o lançamento, os materiais deverão ser espalhados em camadas aproximadamente horizontais. A espessura das camadas deverá ser controlada por equipes de topografia.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir alterações nos métodos de lançamento e espalhamento, sempre que isso proporcione melhorias qualitativas.

O tráfego dos equipamentos de transporte e espalhamento deverá ser dirigido de modo que sua carga seja uniformemente distribuída sobre a superfície das áreas de trabalho.

Durante as operações de lançamento e espalhamento, a CONTRATADA deverá manter, nas áreas de compactação, pessoal necessário para remover raízes, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados, das áreas de trabalho.

A FISCALIZAÇÃO poderá exigir a remoção de quaisquer quantidades de materiais colocados nas áreas de compactação, desde que não possuam as características especificadas.

Depois de espalhadas, as camadas deverão ter espessura de **25cm (camada solta)**. Em locais inacessíveis aos rolos compactadores, onde será necessário o uso de compactadores mecânicos manuais, as camadas de solo solto deverão ser espalhadas com espessuras que não excedam 15cm.

14.2.6 Proteção e Tratamento de Superfícies nas Paralisações

Qualquer junta que a CONTRATADA jugar necessária, durante a execução do serviço deverá ser submetida à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Os desníveis de mais de cinco camadas serão considerados como juntas de construção e, portanto, só poderão ser executados até um desnível máximo de 4,0 metros.

As juntas de construção em solo deverão ser protegidas adequadamente, a critério da CONTRATADA, por métodos e com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as juntas de construção, antes do lançamento do aterro sobrejacente, deverão ter suas camadas superficiais removidas até uma profundidade onde o aterro subjacente apresente compactação aceitável, a critério da FISCALIZAÇÃO. Os materiais afetados pelas trincas de ressecamento deverão ser totalmente removidos da superfície da junta.

As superfícies finais assim obtidas serão escarificadas e umedecidas, camada por camada, objetivando a perfeita ligação dos aterros adjacentes. Em caso de ocorrência de erosões, a CONTRATADA deverá recompor as superfícies, às suas expensas.

A execução de juntas de construção transversais ao eixo da barragem deverá ser evitada. Eventuais juntas transversais que se mostrarem necessárias estarão sujeitas à aprovação prévia da FISCALIZAÇÃO.

A superfície das juntas de construção em solo deverá ter uma inclinação máxima igual a 1V:3H, ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Se durante os trabalhos anunciarem-se chuvas intensas, deverá ser completada rapidamente, nos maciços, uma compactação superficial (selagem), com rolo, liso ou de pneus liberado pela FISCALIZAÇÃO. No reinício dos trabalhos, esta camada deverá ser escarificada e tratada antes da colocação da camada seguinte.

14.2.7 Correção e Homogeneização do Teor de Umidade

Os materiais aproveitáveis existentes nas escavações obrigatórias (e/ou áreas de empréstimo) e eventualmente estocados acusam variações de teor de umidade natural em função da época do ano sob o efeito das chuvas e das consequentes oscilações do nível freático. Chama-se especial atenção da CONTRATADA para que, na elaboração do Cronograma de Construção e do programa de utilização das áreas de exploração, bem como na escolha dos equipamentos de terraplenagem, seja levado em consideração este fato.

Sempre que o teor de umidade do solo não estiver dentro das faixas especificadas para a compactação, deverá ser corrigido até que sejam obtidos os valores especificados.

Quando os teores de umidade dos solos estiverem acima da faixa especificada para a compactação (–2,0 a +2,0%) para solo argiloso e (-2 a +3,5%) para solo saprolítico siltoso, a secagem do material deverá ser feita no local de exploração ou praça de trabalho por processos adequados, escolhidos pela CONTRATADA e submetidos à liberação da FISCALIZAÇÃO.

Quando da utilização de solo saprolítico de textura siltosa, a FISCALIZAÇÂO poderá optar por não gradear (desagregar) este material, observando o comportamento deste na praça de trabalho, frente as suas propriedades reliquiares característica de solos saprolíticos, evitando a redução de resistência e o amalgamento do solo pela desagregação dos grumos.

Quando os teores de umidade dos solos forem menores que os da faixa especificada para a compactação, deverão ser corrigidos no local de exploração, utilizando-se métodos adequados liberados pela FISCALIZAÇÃO.

14.2.8 Compactação e Equipamentos Requeridos

Desde que a umidade da camada espalhada esteja dentro da faixa especificada, deverão ser iniciadas, após o nivelamento da camada, as operações de compactação, com os rolos se movendo paralelamente ao eixo longitudinal do maciço. Cada passada do rolo compactador deverá cobrir total e uniformemente a área a ser compactada. Em hipótese alguma deverá ser permitida a utilização de vibração nos rolos durante a compactação.

Para o maciço compactado do núcleo da barragem, o grau de compactação (GC) médio requerido será de 98%, sendo aceitável desvio de ± 3% em relação ao Proctor Normal. A compactação deve ser a mais uniforme possível.

Seguem abaixo algumas condições adicionais para garantir o controle estatístico da obra:

- nenhum ponto de controle poderá apresentar GC < 95%;
- nenhum ponto de controle poderá apresentar GC > 101%;
- a umidade do aterro, a ser verificada em todos os pontos de controle, deverá estar situada entre hót –2% e hót +2%, sendo "hót" a umidade ótima determinada no ensaio de Proctor Normal.

A frequência para o controle estatístico da compactação deverá ser quinzenal. Nesse controle, o grau de compactação médio, a ser determinado, poderá variar entre 95% e 101%, e o desvio padrão em cada distribuição deverá ser de até + 1,5 %. Constatando-se valores fora do especificado, medidas deverão ser tomadas visando a adequação dos métodos construtivos a fim de alcançar a desejada qualidade do aterro.

A compactação dos materiais terrosos deverá ser realizada por rolos pés-de-carneiro sem vibração, com velocidade de trabalho não superior a 5km/h.

Como alternativa, a CONTRATADA poderá apresentar à apreciação da FISCALIZAÇÃO outro tipo de equipamento não limitado aos sugeridos nesta especificação para execução da compactação. Os equipamentos deverão ser testados em aterros experimentais, que poderão ser localizados no próprio maciço do aterro.

Para a compactação de uma camada, as passagens sucessivas do rolo deverão estar separadas por distâncias iguais as existentes entre as filas consecutivas de patas nos rolos pés-de-carneiro, de modo que seja obtida uma compactação uniforme em toda a área. Cuidados especiais deverão ser tomados para que seja garantida uma perfeita ligação entre camadas contíguas.

Nos locais onde não seja possível o uso de rolos, a compactação será feita com compactadores mecânicos manuais. Nestes casos, a espessura da camada solta será no máximo de 15 cm, devendo ser estabelecida pela CONTRATADA uma norma geral quanto à mínima cobertura da área com o tipo de compactador. Será necessária uma inspeção visual cuidadosa, complementada com ensaios de campo, para a verificação da eficiência dessa compactação.

Depois de compactada, a camada de filtro vertical ou da transição, deverá ser efetuada a compactação do contato destas zonas por meio de duas passadas do rolo numa faixa de largura igual à do rolo.

14.2.9 Tratamentos Adicionais e Recompactação

Após a conclusão da compactação da camada em construção, antecedendo o lançamento da camada seguinte, é recomendado a escarificação superficial de forma a eliminar as marcas das patas dos rolos tipo pé de carneiro. É importante salientar que esta atividade visa, exclusivamente, a eliminação das marcas das patas dos rolos, devendo, portanto, se evitar que os discos do escarificador penetrem na camada compactada além do fundo das marcas das patas.

Para os solos das fundações e solos do maciço compactado, constatando-se, após a compactação, estar lisa a superfície de uma camada ou área, deverá ser a mesma escarificada com grades de disco ou outro equipamento apropriado, previamente ao lançamento de uma nova camada. Em nenhuma hipótese poderão ser lançadas camadas em superfícies lisas. Após a escarificação, deverão ser feitos o destorroamento, a correção de umidade (se necessária) e a homogeneização do material escarificado solto para a melhor ligação de cada camada com a camada seguinte.

A laminação deverá ser evitada. Caso ocorram camadas laminadas nos locais de tráfego concentrado de equipamentos de terraplenagem, elas deverão ser removidas. Serão também removidas quaisquer camadas em que se apresentem “borrachudos” (ondulações devido à deformação plástica causada pela passagem dos equipamentos de terraplenagem sobre solos com excesso de umidade).

Nos casos em que a densidade do solo compactado estiver abaixo de valores considerados adequados pela FISCALIZAÇÃO, deverão ser dadas passadas adicionais com rolo pé-de-carneiro especificado, até se atingir, pelo menos, o valor mínimo de grau de compactação especificado.

14.2.10 Controle Geral de Compactação

O controle geral da compactação será feito através de acompanhamento permanente e inspeção visual das diversas operações de escavação, carregamento, transporte, lançamento, espalhamento, umidificação, homogeneização e compactação.

Na inspeção visual, serão cuidadosamente observados:

- A escarificação, o destorroamento, a correção da umidade e a homogeneização do solo da superfície da camada compactada, suporte da camada seguinte;

- A distribuição, nas áreas de trabalho, dos equipamentos de transporte, espalhamento e compactação para o controle da uniformidade da compactação;

- O tipo, a qualidade e as condições de umidade do material lançado;

- Os serviços de remoção de raízes, fragmentos de madeira, detritos e outros materiais putrescíveis ou inadequados nas áreas de trabalho;

- Gradeamento para destorroamento e homogeneização do teor de umidade do material lançado;

- O espalhamento e o controle topográfico rigoroso da espessura de camada de solo a ser compactada;

- As condições e as características dos equipamentos de compactação: peso, comprimento das patas, espaçamento entre os tambores, etc.;

- Velocidade de operação dos rolos compactadores;

- O número de passadas dos rolos e a cobertura adequada da faixa durante a compactação;

- A espessura da camada após a compactação;

- A ocorrência de camadas ressecadas, fissuradas ou com fendas;

- As condições de trabalhabilidade do solo e a verificação da ocorrência de laminação, “borrachudo”, do revolvimento do solo pelas patas dos rolos, etc.;

- A ligação entre camadas de mesmo material ou de materiais diferentes;

- As inclinações das superfícies dos maciços de modo que permitam uma drenagem adequada das águas de chuva.

Completadas as operações de lançamento, espalhamento e tratamento de umidade de uma camada, a CONTRATADA fará uma análise tátil visual.

Caso esta análise suscite qualquer dúvida a respeito da umidade, serão feitos ensaios prévios e expeditos, em número determinado a critério da FISCALIZAÇÃO. De posse dos resultados dos ensaios e da análise tátil visual, a FISCALIZAÇÃO liberará a camada para compactação ou exigirá novos tratamentos para a correção da umidade.

As camadas cujo grau de compactação for inferior ao mínimo especificado serão recompactadas, e aquelas cuja umidade estiver fora da faixa de desvio admitida serão abertas e novamente preparadas para compactação.

A FISCALIZAÇÃO solicitará qualquer ensaio que julgar necessário para verificação da compactação. O estabelecimento dos tipos e métodos de ensaio, bem como a sua frequência e critérios de análise dos resultados, são de competência exclusiva da FISCALIZAÇÃO.

Em princípio, fica definido que o grau de compactação, juntamente com o teor de umidade das camadas compactadas, será verificado rotineiramente, segundo a seguinte frequência:

- para cada 500 m^3 de material aplicado no maciço da barragem;
- nas junções entre zonas compactadas por sapo e rolo, junto às ombreiras e a quaisquer elementos rígidos construídos no interior dos maciços compactados;
- nas áreas onde os rolos fizerem manobras e/ou diminuírem sua velocidade durante as operações de compactação;
- outros locais onde seja necessário.

Os ensaios de caracterização completa serão realizados para cada 2.000 m^3 de material colocado na barragem.

A FISCALIZAÇÃO poderá sugerir alterações na frequência dos ensaios de comprovação, intensificando-os no início dos serviços e reduzindo-os na medida em que se estabelecer uma rotina na execução.

O grau de compactação será avaliado através da execução de ensaio de compactação pelo método desenvolvido por Jack W. Hilf, do *Bureau of Reclamation* – USA (Hilf, J.W. "*A Rapid Method of Construction Control for Embankments of Cohesive Soils", Engineering Monograph* nº 26, Denver, Colorado, 1959).

Após a raspagem de aproximadamente 5,0 cm de solo compactado, no local do ensaio, a densidade do solo compactado será determinada por cravação de cilindro biselado de parede fina atingindo a camada subjacente, ou por qualquer outro método a ser submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Serão abertos poços de inspeção nos maciços, para análise tátil e visual de suas paredes e, sempre que houver necessidade, para a extração de amostras indeformadas e verificações de juntas de construção e regiões do maciço cujas superfícies ficaram expostas ao tempo por longos períodos. Uma vez desempenhadas essas funções, os poços serão fechados, compactando-se conforme as determinações da CONTRATADA. Ressalte-se que, para a abertura destes poços de inspeção, poderá ser empregada escavadeira hidráulica, sendo as dimensões dos mesmos adequados por questões logísticas e/ou de segurança. Quando, em um poço, for solicitada a retirada de amostra indeformada, a escavação mecanizada deverá prosseguir até a cota de topo definida para o bloco. A partir deste ponto, a escavação passará a ser manual, de modo a permitir a retirada do bloco na dimensão estipulada (30x30x30 cm) e em conformidade com a norma técnica aplicável.

14.2.11 Controle de Materiais

Conforme item anterior, ou a critério da FISCALIZAÇÃO, deverão ser retirados do maciço compactado amostras deformadas para caracterização completa, a cada 2.000 m³ ou em locais determinados.

Sobre estas amostras deverão ser executados os seguintes ensaios:

- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade;
- Granulometria com sedimentação;
- Compactação – Proctor Normal;
- Densidade e umidade naturais.

A CONTRATADA deverá manter à disposição na obra um laboratório contendo todos os equipamentos necessários à execução dos ensaios acima relacionados, seguindo as diretrizes da ABNT, bem como laboratorista especializado e pessoal de apoio.

O laboratório deverá estar disposto em instalações adequadas, com bancadas, fornecimento de água, energia e tudo o que for necessário à perfeita execução dos ensaios. O laboratório deverá ser implantado antes do início das obras e permanecer em operação até a conclusão dos aterros previstos no projeto.

14.3 CONCRETO PRÉ-MOLDADO

Uma estrutura feita em concreto pré-moldado é aquela em que os elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes, tubos e outros, são moldados e adquirem certo grau de resistência, antes do seu posicionamento definitivo naquela estrutura.

Neste projeto, está previsto o uso de bueiro (BDTC, padrão DNIT) em elementos pré-moldados para a execução do bueiro sob o canal de lamas. A fabricação destes elementos deve estar de acordo com a NBR 9062/2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

Os detalhes para a fabricação dos elementos de concreto pré-moldado estão no documento DF19-263-1-EG-DWG-0090.

14.3.1 Recebimento

Na ocasião do recebimento das peças pré-moldadas de concreto, deverão ser verificadas se as dimensões e quantidades estão em acordo com o projeto detalhado.

Também deverão ser inspecionadas para verificar a existência de fissuras, trincas ou existência de danos nas bordas (lascadas). As peças não conforme não deverão ser empregadas na obra.

As peças deverão ser armazenadas em locais planos. Deve-se ter cuidado durante a armazenagem para que as peças não sejam danificadas.

14.3.2 Assentamento

Escavação das valas: a escavação deverá ser mecânica com uso de escavadeiras e deverá seguir a declividade prevista no projeto.

Preparo do berço: o berço da vala escavada é preparado com uma base de 30 cm de areia a qual serão assentados os elementos pré-moldados. Essa base tem como finalidade dar suporte, evitando abatimento da rede. Na execução do berço deve ser observada a regularização da superfície como também a declividade prevista em projeto para a vala.

Assentamento das aduelas: as aduelas deverão ser assentadas com o auxilio de cabos de aço e da escavadeira. Ou guindaste, caso existente na obra. Devem ser cuidadosamente colocadas e alinhadas, antes de serem encaixadas.

Deve-se manusear os elementos com cuidado para não danificá-lo durante a instalação. Elementos não conformes não deverão ser empregados na obra.

Rejuntamento: as linhas de encontro das pontas com as bolsas entre as manilhas encaixadas são rejuntadas com argamassa, depois de assentadas. Essa argamassa de cimento e areia deverá ter o traço de 1:4, segundo especificação usual do DNIT Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

Reaterro: com as peças assentadas e rejuntadas é feito o reaterro, conforme projeto, sendo usados compactadores manuais a percussão para compactar camadas de até 30 cm até a cobertura da vala.

A espessura de aterro (cobertura) sobre os elementos pré moldados deverão ser executados conforme projeto detalhado.

14.4 CAMADAS DE TRANSIÇÃO

14.4.1 Requisitos Gerais

As camadas de transição serão aplicadas no contato do terreno natural e o enrocamento D50 =20 cm, na região do Bueiro, como função de dissipação e proteção. Os materiais considerados foram: areia e brita 3 com espessura de 30 cm cada. Entre a areia e a brita, é indicado geotêxtil, tipo Bidim RT 21. A execução da obra deve seguir o indicado no projeto detalhado (documento DF19-263-1-EG-DWG-0090).

As zonas dos materiais dos drenos deverão ser homogêneas, compactas, permeáveis e livres de contaminação de solos finos ou matérias orgânicas. Os materiais componentes da drenagem interna deverão ser constituídos por partículas duras e duráveis, obtidas de materiais rochosos isentos de detritos vegetais e de matéria orgânica e com porcentagem de finos (<#200) inferior a 5%.

14.4.2 Lançamento e Espalhamento das Camadas

Cada camada da transição deverá ser lançada e espalhada horizontalmente através de equipamentos e meios apropriados. A espessura máxima de cada camada será de 30 cm, após a compactação.

O lançamento deve ser feito de tal forma que a fração mais fina da transição seja colocada junto à fração mais grossa, voltada para o enrocamento adjacente, ou seja, a brita 3 deve estar faceando o enrocamento e a brita 0, esta deve facear a areia e a mesma facear a magnetita ou o solo de fundação.

Deverão ser tomadas providências adequadas para que seja evitada a segregação do material.

Qualquer material estranho lançado nas zonas da transição e que possa interferir com suas propriedades não coesivas e livremente drenantes deverá ser cuidadosamente removido, às expensas da CONTRATADA, antes de se prosseguir na execução da camada seguinte. Estes trabalhos de remoção deverão ser realizados na extensão e na profundidade necessárias para alcançar o material limpo.

Deverão ser tomados cuidados especiais de modo a evitar a contaminação dos materiais pelos solos adjacentes.

O lançamento dos materiais de uma nova camada somente poderá ser realizado após a área de lançamento ter sido inspecionada e expressamente liberada pela FISCALIZAÇÃO.

14.5 CONCRETO ARMADO

No trecho final do canal de lamas é previsto canal em concreto armado. A especificação técnica para construção deste trecho deve seguir o indicado no documento DF19-263-1-CV-ETC-0002.

14.6 REVESTIMENTO VEGETAL

O tratamento previsto para os taludes de corte/aterro previstos para implantação do canal de lamas que apresentam altura superior a 5 metros deverá ser realizado através da aplicação de hidressemeadura seguido de uma camada de biomanta como material previsto para o revestimento vegetal (Ver desenho DF19-263-1-EG-DWG-0092).

14.6.1 HIDROSSEMEADURA

A CONTRATADA deverá executar a proteção do talude no prazo mais curto possível, após terem sido inspecionados e liberados pela FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA deverá ter um supervisor para cada frente de trabalho, que será responsável pelo total das operações de:

- Controle de qualidade das sementes empregadas.
- Controle de qualidade das operações de aplicação e manutenção da hidrossemeadura.
- Controle na operação de equipamentos e na utilização da mão-de-obra manual.

A CONTRATADA deverá incluir os equipamentos e toda a mão-de-obra necessária para aplicação da hidrossemeadura.

As sementes das espécies a serem empregadas na proteção dos taludes deverão conter referência à porcentagem de pureza e de poder germinativo e ainda à fonte de produção, para aprovação pela FISCALIZAÇÃO.

As sementes deverão ser constituídas de espécies adequadas à região e de acordo com a natureza dos solos dos taludes. A CONTRATADA deverá submeter previamente à CONTRATANTE, para sua aprovação, a relação das espécies a serem empregadas.

Além das sementes, para o sucesso da hidrossemeadura, deverão ser usados fertilizantes, corretivos para o solo e mulching calculados em função do tipo de solo, declividade e comprimento dos taludes.

Após o preparo dos taludes, deverá ser feita a aplicação da hidrossemeadura, onde deverão ser seguidas as instruções a seguir descritas, para proteção superficial do talude.

A CONTRATADA empregará todos os métodos de adubação, correção de pH do solo, plantio por hidrossemeadura, irrigação, etc., necessários ao perfeito funcionamento do sistema de proteção vegetal, de modo a evitar a erosão.

A CONTRATANTE poderá exigir a implantação da proteção proposta numa área experimental, de forma a confirmar a adequabilidade dos métodos propostos e aferir o tipo e dosagem de sementes, adubos e corretivos a serem utilizados.

A semeadura será feita com equipamento apropriado ou, na falta deste, por outro processo aprovado pela FISCALIZAÇÃO.

A CONTRATADA, através de dispositivos de irrigação apropriados, deverá regar a proteção vegetal até a sua fixação, como também conservá-la livre de formigas e ervas daninhas, e reparar escorregamentos até o seu completo enraizamento e pega, até o recebimento definitivo pela FISCALIZAÇÃO.

As áreas onde houver falha na germinação e crescimento das sementes deverão receber reaplicação da hidrossemeadura tantas vezes quantas forem necessárias. O ônus da reposição da hidrossemeadura e conservação da vegetação até o recebimento correrá por conta da CONTRATADA.

14.6.2 BIOMANTA

A seguir é apresentado a especificação da biomanta a ser instalada:

- Material: fibras de monofilamentos prensados de polypropileno (PP);
- Densidade: 0,90 – 0,91 g/cm³;
- Espessura: 15 mm;
- Tamanho da malha variação de 1 – 20 mm: permeável para hidrossemeadura com fibras de matéria orgânica vegetal ajustadas e semeadura seca;
- Espaço vazio > 95%;
- Peso aprox..: 400 g/cm²;
- Durabilidade: não degradável;
- Estabilidade UV mín.: 4 anos.

15.0 SISTEMA EXTRAVASOR

15.1 ASPECTOS DE CONTROLE DURANTE A OBRA

Fazem parte desta etapa as seguintes atividades:

- Supressão Vegetal, Destocamento e Limpeza da região a ser implantada o canal;
- Escavações, Carga, Transporte de materiais e Aterro;
- Preparo e regularização do fundo do canal;
- Execução de drenagem superficial;
- Implantação de revestimento vegetal;
- Implantação do módulo de transição;
- Implantação de galeria em concreto;
- Execução do trecho em degraus do canal extravasor;
- Execução da bacia de dissipação;

Detalhes do projeto podem ser visualizados nos desenhos DF19-263-1-EG-DWG-0026 a DF19-263-1-EG-DWG-0035. O canal extravasor será realizado com trecho escavado em solo

natural a partir do emboque do mesmo, com revestimento em concreto projetado, indo ao encontro de trecho em galeria em concreto armado, realizando a transição para o trecho em canal rápido, em concreto armado de seção retangular.

É importante ressaltar que durante as atividades de obra, a barragem deverá ser monitorada diariamente, a partir dos níveis de controle da instrumentação. Ocorrendo qualquer alteração significativa, fora dos padrões de sazonalidade já observados historicamente, a obra deve ser paralisada e a PROJETISTA deve ser comunicada.

15.2 ESCAVAÇÕES, CARGA, ESTOCAGEM E TRANSPORTE DE MATERIAIS

Este item estabelece as diretrizes gerais para a execução das atividades de escavação, carga e transporte de solos relacionadas ao alteamento da Barragem BR, incluindo tratamento de fundação, obtenção de materiais de construção (área de empréstimo) e serviços de infraestrutura para a realização das obras – abertura de acessos, implantação de canteiros de obras e outros.

A seguir são apresentadas as definições dos tipos de escavações previstas:

- Escavação Comum
  - Consiste na escavação de materiais terrosos em geral, incluindo solos argilosos e arenosos com ou sem cascalho, fragmentos soltos ou blocos de rocha que possuam volume igual ou menor que 1 m³ e qualquer outro material que possa ser escavado sem a necessidade do uso de explosivos ou do emprego de tratores tipo CAT D6 ou similar munidos de escarificadores hidráulicos;
  - A classificação deste material será efetuada, quando já não especificada no projeto pela PROJETISTA (projeto ou plano de exploração de áreas de empréstimo), pela FISCALIZAÇÃO e EQUIPE TÉCNICA, sendo considerados os argumentos da CONTRATADA. Na classificação não será feita distinção entre materiais secos, úmidos, alagados, duros ou moles, fofos ou compactos.

- Escavação por Escarificação
  - Compreende a remoção de rocha decomposta, que exige a utilização de tratores de esteira tipo CAT D6 ou similar, equipados com escarificadores hidráulicos;
  - Inclui-se, nesta classificação, a remoção de matacões com diâmetro acima de 1,00 m, que não exija o emprego sistemático de explosivos e utilização de equipamento completo de perfuração;

- Escavação em Rocha a Céu Aberto

- Além dos serviços de desmatamento, destocamento e eventual raspagem das áreas, a serem realizados conforme especificado, o capeamento deverá ser completamente removido antes do início das escavações em rocha, dentro da área delimitada pela MOSAIC, que determinará também o destino final dos materiais resultantes da remoção. A superfície final do topo rochoso será inspecionada e liberada pela MOSAIC.
- Esta classificação compreende as escavações em maciço rochoso, a céu aberto e de blocos de rocha com volume superior a 1 m³, nas quais serão empregados, de forma contínua, equipamentos de perfuração e explosivos.

- Em Trincheiras ou Valas

  - Consiste em escavações comuns caracterizadas em projeto como trincheiras ou valas, realizadas com equipamentos tipo retroescavadeira, dragline ou clamshell, em locais onde a largura da escavação for inferior a 3,5 m.

A CONTRATADA deverá elaborar um plano de escavação e submeter à FISCALIZAÇÃO, para sua liberação e posterior início das atividades. O plano de escavação deverá indicar as estradas de serviço, frentes de trabalho, cronograma detalhado de execução, produções mensais previstas, áreas de bota fora ou estoque, relação de equipamentos e os métodos a serem utilizados.

A CONTRATADA deverá executar todas as escavações nos alinhamentos, taludes e dimensões especificados, conforme os desenhos de projeto.

A CONTRATADA notificará a FISCALIZAÇÃO antes de iniciar qualquer escavação, de forma que haja tempo suficiente para a FISCALIZAÇÃO realizar as devidas verificações, via levantamento topográfico.

Durante a execução dos trabalhos, as condições geológico-geotécnicas encontradas poderão exigir ajustes do projeto quanto aos alinhamentos, níveis de fundação, taludes e dimensões indicados nos desenhos de projeto. Sempre que tais ajustes se mostrarem necessários, caberá à CONTRATADA informar à FISCALIZAÇÃO para que a PROJETISTA seja acionada para execução das modificações nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA tomará todas as precauções indispensáveis para não danificar quaisquer materiais abaixo e além das linhas de escavações. Quaisquer danos causados pelos trabalhos na área de escavação ou por quaisquer outras atividades da CONTRATADA deverão ser por esta, reparados às suas expensas. Qualquer escavação fora dos alinhamentos mostrados nos desenhos de projeto, exceto onde autorizado pela FISCALIZAÇÃO, será considerada como serviço não autorizado e deverá receber tratamento a ser determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Todas as escavações que ficarem permanentemente expostas deverão apresentar taludes estáveis, superfícies bem-acabadas, regulares e com drenagem adequada, conforme estabelecido nos desenhos de projeto.

A CONTRATADA deverá escavar, separadamente, os materiais destinados a várias utilizações, mediante métodos apropriados, previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO. Os materiais escavados serão colocados diretamente nos locais de destino ou serão estocados para uso futuro. Outras aplicações dos materiais provenientes das escavações deverão ser aprovadas pela FISCALIZAÇÃO.

O material excedente ou imprestável, devido à má qualidade, deverá ser objeto de deposição em locais previamente indicados pela FISCALIZAÇÃO, no sentido de não prejudicar a utilização da área ou a paisagem regional. Esta paisagem deverá ser sempre preservada e/ou recomposta durante todo o período de execução da obra.

15.2.1 Limpeza e Preparo do Terreno

A limpeza e preparo do terreno consistirá na remoção de material de origem orgânica, solos não consolidados, blocos de rocha e resíduos das áreas de interesse e implantação das obras.

A limpeza e preparo do terreno deverão ser realizados de forma gradativa conforme o avanço das atividades de escavação.

Para a implantação do alteamento, pode ser considerada a remoção total da camada de solo mole a jusante da barragem como indicado na planta de tratamento de fundação (DF19-263-1-EG-DWG-0110).

Ademais, foi considerada como limpeza do terreno, a escavação e remoção de 30 cm de solo orgânico e de materiais soltos do maciço. De forma alguma será permitida a implantação do alteamento sobre solo mole. Caso seja identificada tal camada, a qual não foi contemplada no projeto, a fiscalização deverá ser acionada.

Os locais de destino finais destes materiais deverão ser acordados com a FISCALIZAÇÃO, que deverá armazená-los considerando uso futuro ou não.

15.2.2 Enrocamento Selecionado – Estocagem

O enrocamento selecionado será utilizado no prolongamento da camada de enrocamento existente, até a face do talude do alteamento proposto neste projeto. Este material poderá ser estocado em área de estocagem a ser definida pela CONTRATANTE, devendo a área estar preparada para receber o material.

Havendo necessidade, este material poderá ser estocado em pilhas e sua construção deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

Caso estes materiais sofram contaminação, este deverá ser descartado, pois não será permitida a aplicação destes na estrutura da barragem.

15.2.3 Materiais Granulares para Transição – Estocagem

Os materiais granulares a serem utilizados como camadas de transição para construção do alteamento da Barragem BR são: areia, brita 0 e brita 3.

Estes materiais deverão ser estocados em área a ser definida pela CONTRATANTE, devendo a área estar preparada para receber estes materiais. A estocagem poderá ocorrer através da formação de pilhas e deverá ser realizada mediante deposição do material e espalhamento deste em camadas, utilizando-se tratores de esteiras ou outros equipamentos previamente liberados pela FISCALIZAÇÃO.

Como cada pilha será formada por um único tipo de material, não serão permitidas camadas de lastro com material diferente do material a ser estocado.

Os materiais serão depositados nas pilhas por métodos que garantam superfícies regulares, taludes estáveis e pilhas livres de contaminação. A estabilidade das pilhas de estoque será de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

Caso estes materiais sofram contaminação, este deverá ser descartado, pois não será permitida a aplicação destes na estrutura da barragem.

15.2.4 Tratamento de Fundação

Este capítulo trata dos serviços relativos ao preparo da fundação para construção do alteamento da barragem. A área delimitada que abrange o tratamento de fundação encontra-se apresentado no desenho DF19-263-1-EG-DWG-0110 e DF19-263-1-EG-DWG-0111.

Todos os materiais instáveis, de consistência mole, deverão ser removidos. Os taludes, naturais ou do maciço, que necessitarem de escavação deverão passar por prévia análise da projetista, para determinação da inclinação mínima.

Durante as escavações, a FISCALIZAÇÃO inspecionará os materiais e dará sua aprovação final nas cotas de escavação. A FISCALIZAÇÃO poderá exigir reparos na superfície final de escavação, a fim de se corrigir eventuais danos, caso julgue que a superfície de escavação não esteja em condições de receber o aterro, em virtude da inobservância dos cuidados aqui descritos.

A superfície de fundação deverá ser totalmente limpa, utilizando ferramentas manuais tais como pás, e outros equipamentos de escavação, além de jatos de ar ou ar e água, em toda a área mostrada nos desenhos de projeto ou determinada pela FISCALIZAÇÃO, a fim de se remover todo o material inadequado, pequenas depressões e outras irregularidades superficiais.

A superfície de escavação não deverá ficar exposta por muito tempo antes do lançamento do aterro, a critério da FISCALIZAÇÃO. O último metro das escavações somente deverá ser executado imediatamente antes do lançamento do aterro.

Durante a execução desta etapa, haverá a necessidade de controle dos fluxos de água observados a partir da saída da drenagem interna da Barragem BR. A correta execução deste serviço é fundamental para o desenvolvimento da obra.

15.2.5 Bota Fora

Os materiais escavados considerados inadequados serão destinados a áreas de bota fora. As áreas de bota fora serão definidas pela CONTRATANTE, devendo estar aderentes às diretrizes aqui estabelecidas.

A CONTRATADA tomará precauções para que o material depositado não venha a causar danos às áreas e obras adjacentes – deslizamento, erosão e outros fenômenos instabilizantes. Deverão ser previstos sistema de drenagem superficial e proteção de taludes para bota fora(s).

Os aterros de bota fora deverão apresentar taludes estáveis, não mais íngremes do que 2H:1V, salvo quando indicado o contrário. Qualquer reparo para desobstrução das áreas afetadas por eventuais desmoronamentos será executado pela CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá prever, em seu planejamento, que os materiais sejam dispostos pelo processo de lançamento em ponta e espalhados através da utilização de equipamentos convencionais de terraplenagem, constituídos basicamente de tratores de esteiras.

Também deverá ser previsto o eventual zoneamento dos materiais no lançamento em ponta, de forma a obter taludes mais estáveis e melhor aparência estática, ou visando a utilização futura.

15.3 CONCRETO ARMADO

Os trechos do extravasor em concreto armado devem atender a especificação técnica indicada no documento DF19-263-1-CV-ETC-0003.

15.4 CONCRETO PROJETADO

Concreto projetado é uma mistura de cimento, areia, pedrisco, água e aditivos, conduzidos por ar comprimido desde o equipamento de projeção até o local de aplicação através de mangotes.

O revestimento da parede será em concreto projetado, espessura de 0,08m, com uma malha de tela soldada, onde serão fixados os grampos. O concreto deve ser aplicado por via seca ou via úmida sobre a superfície a ser revestida através de bombeamento e jateamento contínuo.

O concreto deve atender aos seguintes requisitos:

- Consumo de cimento entre 350 kgf/m³ e 450 kgf/cm³ e de até 500 kg/cm³ para via úmida;
- Fator água-cimento compreendido entre 0,35 a 0,40 para via seca e 0,40 e 0,60 para via úmida;

- Durante os testes iniciais, poderão ser necessários ajustes do fator água-cimento a fim de minimizar a reflexão excessiva que, eventualmente, ocorrer, desde que atenda aos demais parâmetros;
- Absorção de água por imersão e fervura, aos 28 dias de cura, ≤ 10%, conforme NBR 9778, calculado através da média de três corpos de prova; com nenhum valor individual superior a 12%;
- Penetração de água sob pressão, aos 28 dias de cura, ≤ 60 mm, conforme NBR 10787, calculado através da média de três corpos de prova, com nenhum valor individual superior a 70 mm;
- Volume de vazios permeáveis ≤ 15%, conforme NBR 9778.
- Peso específico mínimo de 23 kN/m³;
- Os agregados graúdos e miúdos devem atender aos requisitos especificados na NBR 7211;
- Os pedregulhos, ou pedra britada, devem possuir diâmetro máximo de 9,5 mm;
- Os agregados não devem conter finos que passem na peneira 200 (0,074 mm) e possuir menos de 2% abaixo de 0,2mm;
- A areia quartzo, ou artificial, deve possuir teor de umidade entre 3% e 7%;
- A composição granulométrica ótima deve ser determinada experimentalmente em função do tipo de cimento, forma dos agregados e características do equipamento.

O lançamento do concreto, através de bombeamento, deverá atender às especificações da ACI-304, e o concreto deverá ter um índice de consistência adequado às características do equipamento.

Os aditivos para aceleração de pega devem ser não alcalinos e podem ser utilizados desde que aprovados, previamente, pela Fiscalização. A aprovação do aditivo está condicionada à execução de testes de compatibilidade com cimento utilizado, conforme ASTM C 226. A quantidade de aditivo acelerador de pega, em pó, deve variar entre 2% a 5% do peso do cimento. Este limite deve ser considerado como máximo.

Eventualmente, pode ser usada porcentagem, desde que seja comprovada a sua eficiência pela Fiscalização. Devem ser tomados cuidados adicionais, pois a resistência à compressão é consideravelmente reduzida, notadamente na presença de umidade. A quantidade de aditivo em pó deve ser tal que possibilite o inicio de pega entre 30 a 60 segundos e o fim de pega entre 10 a 12 minutos.

A quantidade de acelerador de pega deve variar entre 6,5% a 22,5% do peso do cimento, ou conforme as recomendações do fabricante. O tempo de início de pega deve ser de 0,5 a 2,0 minutos e o fim de pega de 10 a 12 minutos.

15.4.1 Aplicação

A aplicação de concreto deve ser feita com movimentos contínuos, usualmente circulares, dirigidos ortogonalmente à superfície a uma distância de 1 m.

O concreto projetado deve ter a espessura controlada por meio de marcos aplicados a cada 4m^2. A superfície destinada à aplicação do concreto jateado deve ser tratada adequadamente, antes da aplicação do concreto, eliminado todo material solto e qualquer tipo de resíduos.

O teor de umidade dos agregados deve ser controlado continuamente no processo por via seca, procurando mantê-lo na faixa de 2% a 5%.

Para obter a espessura especificada pelo Projeto, o concreto será executado em mais de uma camada. Para projeção de uma nova camada, a camada anterior deve estar entre a fase inicial e final de pega.

As camadas aplicadas devem ter a mesma dosagem e o mesmo fator água-cimento. Antes de projetar uma nova camada de concreto, deve ser executada a limpeza e remoção de qualquer contaminação da camada anterior, utilizando-se jato d'água com bico de projeção.

Deve-se também verificar, com toques de martelo, a existência de áreas ocas, choco, resultantes da incorporação do material refletido ou da deficiência de aderência. As áreas ocas devem ser cortadas e refeitas juntamente com a camada subsequente sem ônus para a Proprietária.

Todo concreto que mostre sinais de umedecimento excessivo ou de segregação deve ser removido e substituído. Não é permitido o remendo manual e os custos de sua recuperação são de responsabilidade da CONTRATADA.

Eventualmente, para minimizar a pressão d'água no concreto projetado, podem ser executadas perfurações logo após sua aplicação, e a instalação de drenos em locais previamente escolhidos.

Todo material misturado e não lançado dentro do intervalo correspondente ao início de pega da mistura não pode ser aplicado. O concreto refletido deve ser removido antes do início de pega, não podendo, em qualquer hipótese, ser reaproveitado.

Imediatamente após a projeção e acabamento, o concreto projetado deve ser curado por umedecimento durante 24 horas. A cura deve prosseguir por um período de 14 dias até que seja obtida a resistência média especificada em Projeto. Quando for utilizado aditivo acelerador de pega, ou cimento de alta resistência inicial, o período de cura pode ser reduzido, sob prévia autorização da FISCALIZAÇÃO, para até 7 dias, no mínimo.

16.0 REVESTIMENTO VEGETAL

As diretrizes de revegetação abaixo indicadas constituem em medidas favoráveis à manutenção da estabilidade física da Barragem BR, uma vez que a implantação de uma camada de cobertura vegetal nos taludes de jusante fornece proteção contra a erosão superficial do maciço, além de proporcionar substrato mais adequado ao desenvolvimento de espécies vegetais quando comparado ao material de magnetita.

A Barragem BR será toda coberta, na face dos taludes de jusante, por uma camada de top soil de espessura de 30 cm. A Figura 16.1 e Figura 16.2 mostram a planta e detalhe típico desta aplicação, respectivamente. Mais detalhes estão disponíveis no documento DF19-263-1-EG-DWG-0142.

Propõe-se ainda que o material utilizado como limpeza de fundação em solo residual, assim como material proveniente da limpeza no alinhamento do estravasor projetado seja utilizado para este fim, já que contém substâncias nutritivas que favorecem a germinação da hidrossemeadura.

Sobre a camada de cobertura, propõe-se o plantio de espécies herbáceas de rápido crescimento, capazes de proteger o solo contra a erosão e fornecer o aporte de nutrientes necessários ao substrato. A implantação da vegetação deverá ocorrer preferencialmente no início do período chuvoso.

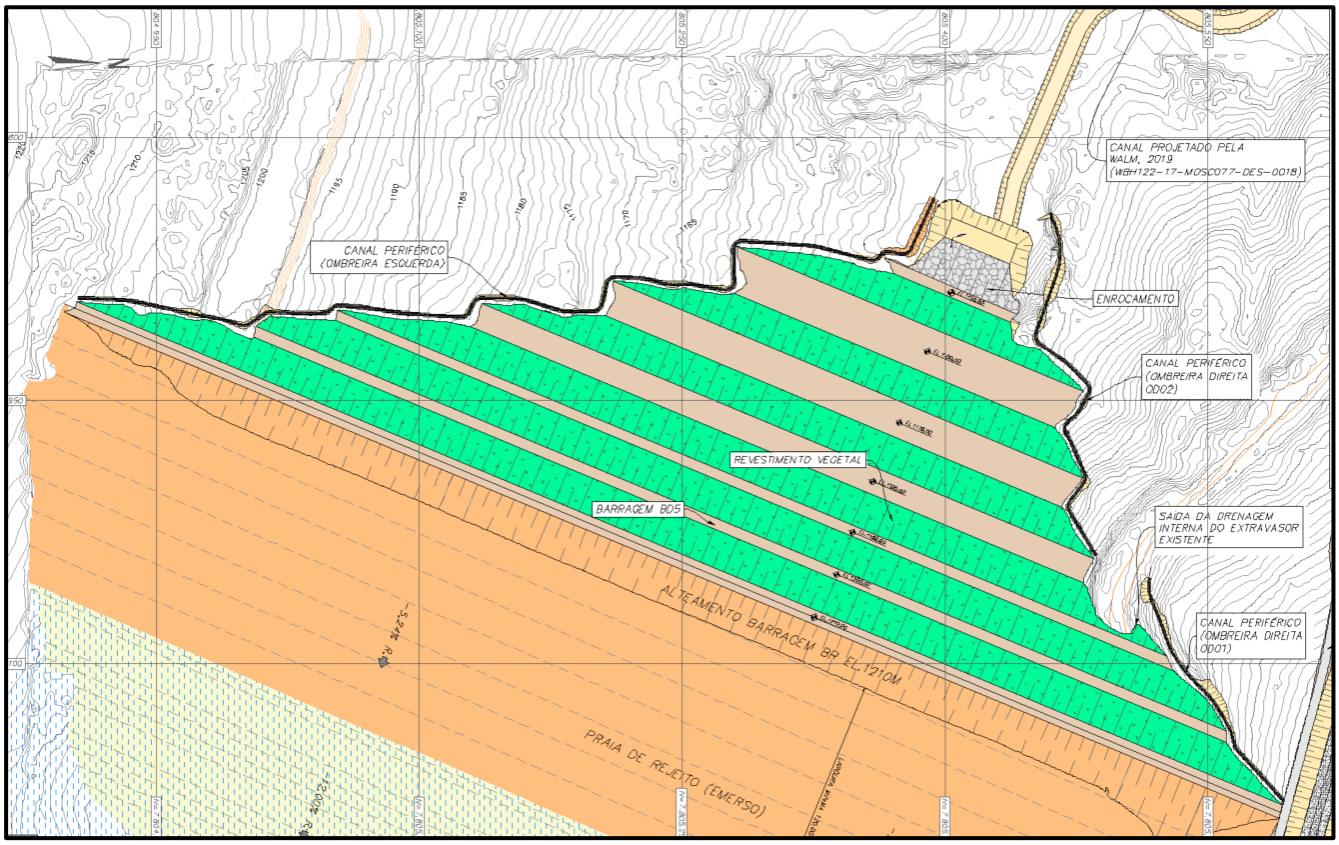


Figura 16.1 – Planta do revestimento vegetal no maciço.

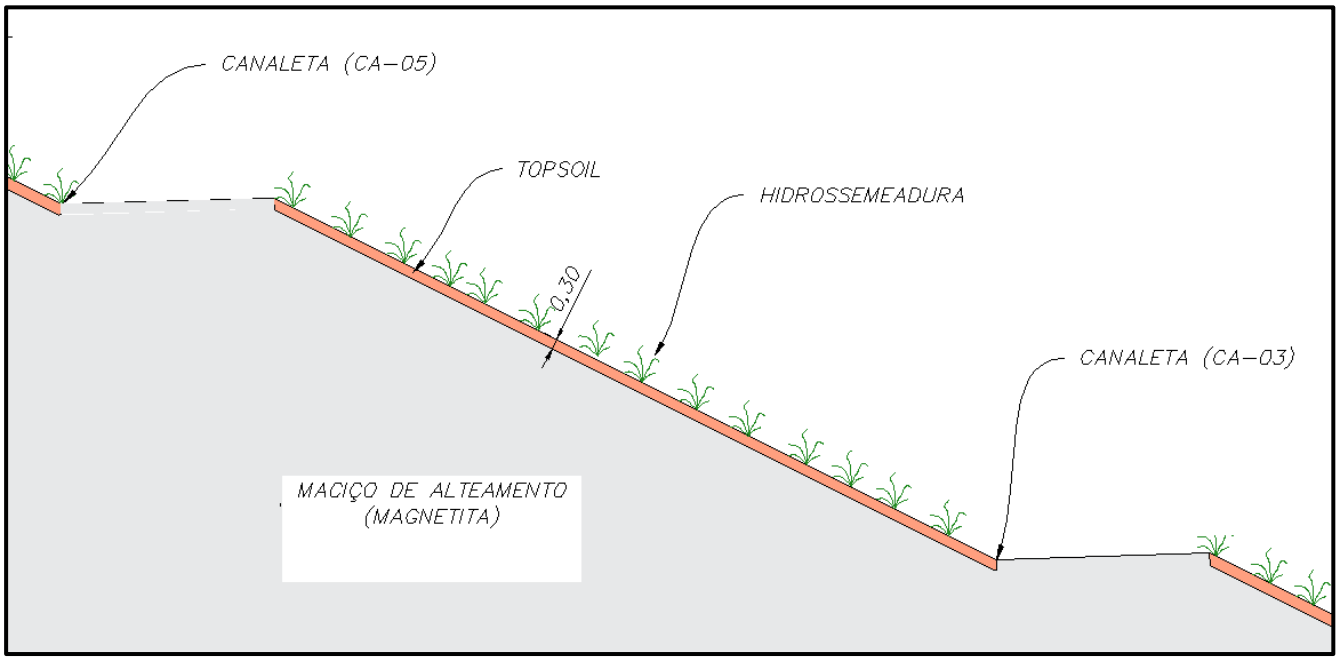


Figura 16.2 – Seção típica do topsoil e a hidrossemeadura projetados.

17.0 QUANTITATIVOS

A planilha de quantidades para o Projeto Detalhado de Descaracterização da Barragem BR é encontrada no documento DF19-263-1-EG-PLA-0002.

18.0 MONITORAMENTO DA OBRA DURANTE O ALTEAMENTO

Durante a execução das obras de elevação da barragem, deverá ser realizado monitoramento da estrutura seguindo o preconizado no manual de operação (documento número FF44MO05-R0-BR) elaborado pela Geoconsultoria.

Caso detectada alguma anomalia que possa colocar em risco a estabilidade da estrutura, a FISCALIZAÇÃO deverá ser imediatamente comunicada para que, juntamente com a MOSAIC, tome as devidas providências em tempo hábil.

19.0 GARANTIA DA QUALIDADE

19.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As Obras Civis serão executadas em conformidade com o Projeto Executivo e com as Normas técnicas aplicáveis, mesmo que não citadas explicitamente nestas Especificações. Em caso de eventuais divergências entre as Normas e estas Especificações, prevalecerão as disposições desta última.

A CONTRATADA será responsável total pelo controle e garantia da qualidade das Obras Civis, incluindo a realização dos ensaios prévios de qualificação dos materiais (de modo a garantir o seu atendimento às Especificações e Normas técnicas), a execução dos estudos de dosagens do concreto, a inspeção e verificação dos serviços de campo e a execução dos ensaios de controle dos materiais de construção. A CONTRATADA deverá substituir, refazer e/ou adequar, às suas custas, todo e qualquer serviço ou fornecimento em desacordo com as Especificações.

Os procedimentos de construção e controle de qualidade deverão apresentar-se uniformes durante todo o período de implantação das Obras Civis, independentemente das atividades serem executadas pela CONTRATADA ou por eventuais Subcontratados. Os procedimentos de execução dos serviços por parte de quaisquer subcontratados deverão apresentar-se compatíveis e aderentes aos procedimentos aprovados.

O controle da qualidade das Obras Civis será exercido pela CONTRATADA através da equipe de Gestão da Qualidade. A atuação da Gestão da Qualidade abrangerá as atividades de inspeção de campo e de acompanhamento da realização dos ensaios de controle das obras de terra, do concreto e de seus materiais constituintes, assim como do aço para concreto armado, dos dispositivos de vedação de juntas e de quaisquer outros materiais de responsabilidade da CONTRATADA para os quais seja necessária a realização de ensaios.

Os resultados das inspeções e verificações deverão ser consolidados nos Relatórios Mensais do Controle Tecnológico e, quando for o caso, nos Relatórios de Não Conformidade emitidos pela Gestão da Qualidade.

A Gestão da Qualidade deverá atuar orientando as equipes de produção da CONTRATADA quando o desenvolvimento dos serviços não estiver sendo executado de acordo com os padrões estabelecidos e verificando a solução dos problemas levantados e das não conformidades emitidas.

A execução dos ensaios de controle dos materiais e das obras, assim como de levantamentos topográficos para fins de controle dos avanços da obra será de responsabilidade exclusiva da CONTRATADA, independentemente da realização de ensaios eventuais pela Fiscalização.

A Fiscalização terá o direito de, a qualquer tempo, inspecionar as obras e ter acesso aos resultados dos ensaios do concreto, das obras de terra e de quaisquer outros materiais de construção utilizados nas obras, sejam eles realizados pela própria CONTRATADA, por laboratórios externos contratados pela CONTRATADA ou pelos fabricantes dos materiais. A Fiscalização também se reserva o direito de acompanhar a execução de quaisquer ensaios em qualquer fase de sua realização, obrigando-se a CONTRATADA a facilitar o pronto acesso da Fiscalização aos locais de realização dos ensaios. A Fiscalização terá acesso a quaisquer outros documentos da CONTRATADA que, no julgamento da Fiscalização, sejam importantes para a verificação da qualidade e segurança dos trabalhos. As inspeções da Fiscalização poderão ser realizadas por profissionais próprios ou de empresas contratadas pela Mosaic.

A Fiscalização poderá, no exercício de suas funções, solicitar todas as informações que considerar necessárias ao acompanhamento dos trabalhos, obrigando-se a CONTRATADA a

fornecer-lhe, no prazo que lhe for fixado pela Fiscalização, todas as informações, detalhes e procedimentos relativos à implantação, controle e acompanhamento das obras.

As inspeções e eventuais ensaios realizados pela Fiscalização não desobrigam a CONTRATADA da responsabilidade total pelos serviços e fornecimentos executados, inclusive pela realização dos ensaios de controle, nas frequências estabelecidas. A não detecção, pela Fiscalização, de serviços ou materiais defeituosos quando de sua execução ou fornecimento não eximirá a CONTRATADA de sua total responsabilidade pelos defeitos que vierem a ser detectados mais tarde e tal fato não poderá ser alegado pela CONTRATADA como justificativa para obrigar a aceitação dos serviços pela Fiscalização.

19.2 OBRIGAÇÕES E RESPONSABILIDADES DA CONTRATADA

19.2.1 Aderência aos Documentos de Projeto

- Materiais de Construção

  - Todos os materiais a serem empregados na obra, deverão satisfazer às presentes especificações e serão submetidos a exames e aprovação da Fiscalização, especialmente aqueles ditos “A Critérios da Fiscalização”. Será expressamente proibido, quaisquer materiais não constantes destas especificações, bem como todos aqueles que eventualmente venham a ser rejeitados pela Fiscalização;
  - Deverão ser realizados todos os ensaios de caracterização ou de qualidade antes do fornecimento do material, conforme definido nas Especificações Técnicas;
  - Deverão ser realizados todos os ensaios de controle e caracterização durante a execução da obra, conforme tipos e frequência, definidos nas Especificações Técnicas;
  - Deverão ser realizados todos os ensaios especiais durante a execução da obra, ou ao seu final, conforme tipos e frequência, definidos nas Especificações Técnicas.

- Fundação

  - Deverão ser respeitados todos os critérios de escavação definidos nos documentos de projeto correspondentes a este assunto.

- Geometria

  - Deverá ser respeitada a geometria da estrutura definida em projeto;
  - Deverão ser respeitadas todas as dimensões das seções hidráulicas e as declividades das estruturas de drenagem superficial, definidas no projeto;
  - Deverão ser respeitadas todas as dimensões (altura, largura, comprimento, raios) definidas no projeto estrutural;

- Deverão ser respeitadas todo o dimensionamento estrutural para fôrma, armação, espaçamento de juntas, recobrimento do aço, fator água/cimento, tipo de cimento, tipo de agregado, que foram definidos em projeto e nesta especificação técnica.

19.2.2 Acompanhamento e Inspeção dos Serviços de Campo

A equipe de Gestão da Qualidade da CONTRATADA acompanhará e verificará, no campo, os serviços de implantação das Obras Civis, visando garantir a sua conformidade com o Projeto Executivo, com as Especificações e com os Padrões de Qualidade, desempenho, segurança estrutural, segurança operacional, durabilidade e confiabilidade exigidas para as estruturas.

As equipes de acompanhamento e inspeção deverão contar com os seguintes requisitos:

- Equipe de Fiscalização, dimensionada de acordo com o número de frentes de serviço. O ideal é que se tenha 1 técnico/frente de serviço;
- Equipe de Topografia dedicada exclusivamente para fazer todo o levantamento cadastral da obra. Desde a supressão vegetal, passando pela escavação, execução do maciço, obras de concreto, instrumentação, etc. Essa equipe de topografia não deverá ser compartilhada para serviços com fins de medição;
- Equipe de ATO, considerando, preferencialmente, a presença integral de uma equipe da Projetista, dimensionada de acordo com o tamanho e às frentes de serviço da obra. Paralelamente à equipe de campo, deverá ser considerada uma equipe multidisciplinar no escritório dedicada a responder, avaliar, e modelar questionamentos feitos durante a execução da obra.

Serão acompanhados e verificados de maneira rotineira e sistemática pela Gestão da Qualidade os serviços relacionados a seguir, mas sem a eles se limitar, como meio de garantir que todos os trabalhos e fornecimentos atendam integralmente às Especificações:

- Execução dos trabalhos de escavação na área das estruturas de terra e de concreto, assim como a carga e o transporte dos materiais escavados até os estoques, áreas de bota-fora ou, eventualmente, os locais de aplicação nas obras de terra;
- Preparação das fundações das estruturas de concreto e de terra;
- Locações topográficas das estruturas, das fôrmas das estruturas de concreto e dos limites das zonas dos diferentes materiais das obras de terra, assim como das escavações e fundações das estruturas de concreto e de terra;
- Execução dos aterros, incluindo a escavação, carga, recarga, transporte, descarga, espalhamento, preparação e/ou compactação dos materiais das obras de terra;
- Fornecimento, armazenamento e manuseio dos materiais de construção;
- Produção, transporte, lançamento, adensamento, cura, proteção e reparos do concreto;

- Fornecimento, manuseio e instalação das armaduras das estruturas de concreto;
- Preparação e instalação de materiais embutidos nas estruturas de concreto (dispositivos de vedação, etc);
- Preparação e instalação das fôrmas para concreto, incluindo o cimbramento, escoramento, limpeza, estanqueidade e qualidade dos painéis;
- Condições das formas, armaduras e embutidos, quanto à manutenção de seu posicionamento e garantia de sua integridade durante as atividades de lançamento e adensamento do concreto;
- Atendimento às tolerâncias especificadas;
- Remoção das fôrmas das estruturas de concreto, quanto aos instantes de remoção, procedimentos utilizados e preservação da integridade do concreto e das estruturas, em conformidade com as normas técnicas;
- Execução das obras de drenagem provisórias e definitivas.

19.2.3 Ensaios dos Materiais

A equipe de laboratoristas e supervisores da CONTRATADA deverá ser constituída de profissionais de reconhecida e comprovada experiência em trabalhos de controle de obras civis com características e dimensões similares ou superiores às obras presentes nesta especificação. Os ensaios poderão ser realizados diretamente por equipe da CONTRATADA ou por empresa especializada. A realização dos serviços por empresa subcontratada não desobrigará a CONTRATADA da responsabilidade total pelo fornecimento de serviços, equipamentos, mão de obra e materiais que atendam aos requisitos estabelecidos nos documentos contratuais. A realização dos ensaios deverá ser acompanhada por equipe de laboratório de mecânica dos solos independente, validando os resultados obtidos e realizando ensaios de “contra prova” a seu critério.

A CONTRATADA deverá submeter à aprovação prévia da Fiscalização as informações referentes à qualificação da equipe de laboratório proposta para realização dos ensaios de controle dos materiais da obra, independentemente desse serviço ser realizado pela própria CONTRATADA ou por Subcontratado.

A CONTRATADA assumirá, sem ônus para a MOSAIC, as seguintes obrigações e responsabilidades, entre outras, no que se refere à realização dos ensaios do concreto e dos materiais e à apresentação dos resultados:

- Realização dos ensaios prévios de qualificação dos materiais propostos para utilização nas obras, assim como dos estudos necessários à definição das dosagens de concreto;
- Execução dos ensaios de controle das obras de terra, do concreto e dos materiais, nas frequências estabelecidas, em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, incluindo o fornecimento, a implantação, manutenção e operação das instalações e equipamentos necessários;
- Execução de ensaios adicionais necessários, nos casos em que, eventualmente, houver alteração das fontes de suprimento dos materiais ou

das dosagens de concreto empregadas ou, ainda, em casos em que, eventualmente, haja necessidade de comprovação dos resultados dos ensaios realizados anteriormente para as obras de concreto e/ou de terra;

- Execução de ensaios do concreto endurecido nas estruturas, incluindo a extração de testemunhos nas estruturas e a preparação das amostras, caso venha a ser necessário comprovar a resistência do concreto na estrutura, em função de resultados eventualmente não satisfatórios nos ensaios de controle de rotina realizados;
- Prover, para uso da Fiscalização, no local da obras, suas instalações e facilidades para armazenamento e/ou cura apropriada de amostras de materiais e corpos de prova de concreto, conforme exigências das normas técnicas, em casos em que, eventualmente, a Fiscalização venha a realizar ensaios comprobatórios através de equipe própria ou de empresa contratada;
- Submeter à Fiscalização, quando solicitado, as informações e a documentação relativa aos estudos e ensaios dos materiais utilizados nas obras de terra e de concreto;
- Submeter à Fiscalização os programas de controle da qualidade do fornecedor de concreto, caso este fornecimento venha a ser subcontratado pela CONTRATADA.

19.2.4 Registros de Ensaios de Laboratório e Controle de Obra

A CONTRATADA é responsável pela elaboração e fornecimento, nas frequências e prazos estabelecidos, dos seguintes registros:

- Relatórios técnicos de ensaios de caracterização, de controle e especiais, assinados e validados pelos responsáveis pela sua execução e fiscalização;

  – Deverão fazer parte destes documentos os resultados dos ensaios realizados e as respectivas análises estatísticas, assim como os arquivos digitais originais, em formato editável, contendo os resultados dos ensaios e as análises estatísticas.

- ATA de reuniões técnicas, devidamente assinadas pelos participantes, registrando alterações e/ou tomadas de decisão relevantes ao projeto;
- NAP's – Notas de Alteração de Projeto, que deverão seguir um fluxo que parte da CONTRATADA, passa pelo Cliente, e caso seja do seu interesse, retorna para validação ou não;
- Elaboração do RDO – Relatório Diário de Obra, que deverá ser um documento que aborde somente os aspectos técnico da obra, cuja a responsabilidade na emissão ficará a cargo da empresa responsável pelo projeto detalhado e pelo ATO;

  – E-mail registrando não conformidades que por ventura ocorram em campo deverão fazer parte deste documento.

- Elaboração do RMO – Relatório Mensal de Obra, que deverá ser um documento que aborde somente os aspectos técnico da obra, cuja a responsabilidade na emissão ficará a cargo da empresa responsável pelo projeto detalhado e pelo ATO;

A CONTRATADA é responsável pela elaboração de um relatório de consolidação da obra e dos desenhos de "*as built*", que deverão conter, porém não se limitando:

- O registro de todas as etapas de obra, com levantamento topográfico de detalhe correspondente;
- Todos os registros (ATA's de reunião, RDO's, RMO's, NAP's etc),
- Avaliação quantitativa da obra (obra x projeto),
- Avaliação qualitativa da obra, através da compilação final dos resultados dos ensaios que foram realizados durante a obra, e da análise estatística do controle tecnológico,
- Validação dos dimensionamentos geotécnicos e hidráulicos a partir das estruturas implantadas em campo, conforme parâmetros e geometria final.

20.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE DOCUMENTO	
Razão social:	DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA
CNPJ:	07.214.006/0001-00
Belo Horizonte / MG - *dfmais@dfmais.eng.br* - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001	

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão
Júnio Fagundes	JF	Geotecnia	Revisão do Documento
Mário Júnior	MJ	Geotecnia	Elaboração do Documento

21.0 ANEXOS

Anexo 1.pdf	**APÊNDICE A – METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DOS ENSAIOS DE CONTROLE DE CONSTRUÇÃO EM MATERIAIS DE GRANULOMETRIA GROSSA** Formato: “PDF”


df
ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS

REVISÕES

TE: TIPO EMISSÃO — A - PRELIMINAR; B - PARA APROVAÇÃO; C - PARA CONHECIMENTO; D - PARA COTAÇÃO; E - PARA CONSTRUÇÃO; F - CONFORME COMPRADO; G - CONFORME CONSTRUÍDO; H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	EMISSÃO INICIAL	GL	IC	TO	OM	02/10/20
0	C	APROVADO	GL	IC	TO	OM	14/10/20

SUMÁRIO

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	CONCEITOS	4
3.0	CONCRETO CONVENCIONAL	7
4.0	DEFENSAS METÁLICAS	37
5.0	CANAL DE LAMAS	39
6.0	EQUIPE TÉCNICA	40

1.0 INTRODUÇÃO

A presente Especificação Técnica tem o objetivo de conceituar, definir e especificar os procedimentos a serem cumpridos durante a execução dos serviços das estruturas do sistema extravasor, canaletas de berma e canais de ombreira da Barragem BR, em concreto armado moldado in loco, que será construído pela MOSAIC.

Os serviços deverão ser executados de acordo com os Desenhos do Projeto, Normas Técnicas Brasileiras da ABNT, bem como as indicações presentes nesta Especificação Técnica.

A observância rigorosa dos procedimentos definidos nesta especificação será de responsabilidade da CONTRATADA. Esta deverá consultar a equipe técnica da MOSAIC sempre que, durante a execução dos serviços, ocorrerem situações não previstas no projeto ou de entendimento duvidoso nesta Especificação Técnica, bem como, nos Desenhos do Projeto.

2.0 CONCEITOS

Para efeito desta Especificação Técnica são estabelecidos os seguintes conceitos.

2.1 EMPRESAS ENVOLVIDAS

- CONTRATANTE: MOSAIC, empresa proprietária da obra;
- PROJETISTA: DF+;
- FISCALIZAÇÃO: Pessoa, pessoas ou firma designada pela MOSAIC com o intuito de examinar, verificar, ajustar soluções construtivas não previstas no projeto, aceitar ou recusar e medição dos serviços;
- CONTRATADA: Pessoa, pessoas, firma ou consórcio de firmas que têm como responsabilidade a execução e o fornecimento de todos os serviços, materiais e equipamentos necessários à execução da obra.

2.2 NORMAS DE REFERÊNCIAS

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com a presente Especificação Técnica, deverão ser obedecidos os requisitos das seguintes normas técnicas, em suas últimas versões atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas:

- ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
- ABNT NBR 6120:1980 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira
- ABNT NBR 16697:2018 – Cimento Portland - Requisitos
- ABNT NBR 5738:2015 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
- ABNT NBR 5739:2018 Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos
- ABNT NBR 8522:2017 Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão
- ABNT NBR 12655:2015 Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação

- ABNT NBR 7215:2019 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos
- ABNT NBR 7211:2009 Agregados para concreto – Especificação
- ABNT NBR NM 26:2001 - Agregados - Amostragem
- ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica
- ABNT NBR 7218:2010 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
- ABNT NBR NM 46:2003 -Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem
- ABNTNBR NM 49:2001 - Agregado miúdo -. Determinação de impurezas orgânicas.
- ABNTNBR NM51: 2001 - Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Ángeles"
- ABNT NBR 15577-1 a 6:2018 - Agregados - Reatividade álcali-agregado
- ABNT NBR NM 67:1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone
- ABNT NBR NM 9:2003 - Concreto e argamassa - Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração
- ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
- ABNT NBR 16372:2015 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
- ABNT NBR NM 51:2001 - Agregados - Determinação da abrasão "Los Angeles"
- ABNT NBR 11768:2011 - Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos
- ABNT NBR 7212: 2012 - Execução de Concreto Dosado em Central.
- ABNT NBR 7477:1982 - Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado

- ABNT NBR 7480:2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação

- ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios

- ABNT NBR 14931:2003 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento

No caso da CONTRATADA se apoiar em normas e/ou especificações diferentes das acima mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da MOSAIC.

Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, a CONTRATADA somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela MOSAIC.

3.0 CONCRETO CONVENCIONAL

3.1 OBJETO

Esta seção abrange a execução dos trabalhos de concreto convencional, formas, escoramentos e armaduras para as estruturas dos dispositivos de drenagens, de acordo com os desenhos de construção, e o que se especifica a seguir, compreendendo os materiais e equipamentos para a fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura, proteção e reparos do concreto.

A CONTRATADA poderá optar pela aquisição de concreto pronto de terceiros. Nessa situação, todas as disposições constantes nesta Especificação devem ser adaptadas às condições reais, mediante proposta da CONTRATADA que deve merecer a aprovação da FISCALIZAÇÃO.

3.2 COMPOSIÇÃO

3.2.1 Geral

Os concretos constantes desta especificação serão compostos de cimento Portland, água, agregado miúdo, agregado graúdo e, se necessário, aditivos redutores de água, retardadores de pega, plastificantes, expansores e incorporadores de ar e quaisquer outros componentes recomendados e/ou aprovados pela FISCALIZAÇÃO, que produzam, no concreto, propriedades benéficas para sua utilização, conforme comprovado em ensaios de laboratório.

É de responsabilidade da CONTRATADA a contratação de um engenheiro especialista para desenvolver o traço do concreto a ser utilizado, acompanhamento e desenvolvimento de planos de concretagem, visando principalmente atender as condições de durabilidade, resistência a abrasão e estanqueidade requeridos para tais estruturas.

As manutenções periódicas após a execução dos serviços de construção são de fundamental importância para o correto funcionamento das estruturas e preservação de sua vida útil, principalmente no que se diz respeito ao desgaste da camada de concreto e selante elástico.

3.2.2 Proporção das Misturas

A proporção da mistura deverá ser determinada por dosagem racional e experimental, conforme NBR12655, e deverá estar baseada na pesquisa dos agregados mais adequados e inertes, sua respectiva granulometria e na melhor relação água/cimento, com a finalidade de assegurar uma mistura plástica e trabalhável, ou segundo as necessidades de sua utilização. Um concreto que, após a cura adequada, apresente durabilidade, estanqueidade e resistência compatíveis com os valores indicados em projeto.

O cálculo da dosagem do concreto deve ser refeito cada vez que for prevista uma mudança de marca, tipo ou classe do cimento, na procedência e qualidade dos agregados e demais materiais.

Os traços de concreto, bem como os materiais a serem utilizados na mistura, deverão ser submetidos à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Os traços poderão ser substituídos pela FISCALIZAÇÃO sempre que necessário, a fim de preservar a segurança, economia e qualidade do concreto.

Para fck≥30 MPa, a relação água/cimento deverá ser ≤ 0,50, o consumo mínimo de cimento deverá ser 320 kg/m^3 e o módulo de deformação secante ≥ 27GPa, conforme recomendações da NBR6118 e NBR12655.

3.2.3 Classes de Concreto

A classe de concreto para cada estrutura será indicada nos desenhos de forma e apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Classes de Concreto a serem utilizadas

Classe	**Tipo**	**Aplicação**	**Diâmetro Máximo do Agregado (até valor indicado)**	**Resistência Característica à Compressão (f_{ck}) MPa 28 dias**
C30	Convencional	Estrutura de Concreto Armado das Drenagens	1" (25 mm)	30
C10		Regularização e/ou enchimento (concreto magro)	1" (25 mm)	10

Excepcionalmente, a critério da FISCALIZAÇÃO, poderão ser dosados concretos com agregados de diâmetro máximo superior aos indicados, desde que sua dimensão máxima não ultrapasse os limites abaixo:

- Espaçamento interno das formas – ¼ da menor distância entre faces e formas;
- Espessura da laje – 1/3 da espessura da laje
- Barras horizontais – 5/6 da distância entre duas barras horizontais
- Barras verticais - ½ da distância entre duas barras horizontais

3.2.4 Consistência dos Concretos Convencionais

Os traços deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo ser os teores de água os mínimos necessários para permitir um adensamento satisfatório no caso dos concretos convencionais.

A consistência do concreto deverá ser uniforme de betonada para betonada.

O controle da consistência do concreto poderá ser feito pela FISCALIZAÇÃO, por meio de ensaios de "slump".

Os valores do "slump" para cada traço serão determinados pela FISCALIZAÇÃO.

Concreto com excesso ou carência de água (excessivamente plástico ou seco) poderá ser rejeitado, a critério da FISCALIZAÇÃO.

3.2.5 Controle de Qualidade dos Concretos Convencionais

A FISCALIZAÇÃO manterá um controle rigoroso sobre as operações da betoneira, especialmente em relação à quantidade de água adicionada à mistura, a fim de que o concreto seja uniforme, de betonada para betonada, e tenha um baixo coeficiente de variação ou um baixo desvio padrão das resistências.

Para exercer o controle de qualidade do concreto, a FISCALIZAÇÃO coletará, em locais por ela selecionados, amostras de concreto fresco.

As resistências à compressão e módulo de deformação do concreto serão determinadas pelos ensaios, em cilindros de 15 cm x 30 cm, feitos e curados de conformidade com a NBR 5738. A quantidade de amostras, bem como a obtenção dos resultados serão de acordo com a NBR 12655, NBR5739, NBR8522 em sua última versão.

Ao longo de toda a execução da obra, o controle da qualidade do concreto será sistemático e feito baseado em ensaios de acordo com as normas aplicáveis da ABNT. Esses ensaios, de um modo geral, compreenderão em:

- Verificação das propriedades físicas dos materiais constituintes do concreto, incluído sua granulometria, e qualidade da água de amassamento;

- Determinação de traços para obtenção de concreto, com a necessária resistência, trabalhabilidade, e outras propriedades requeridas nestas Especificações Técnicas, ou indicadas nos desenhos de projeto;

- Determinação durante a produção do concreto, de propriedades como a trabalhabilidade (“slump test”), peso específico e tempo de pega;

- Moldagem sistemática de corpos de prova para execução de ensaios rotineiros, como resistência à compressão axial e módulo de elasticidade.

3.2.6 Controle da Resistência do Concreto

Durante todo o decorrer dos trabalhos de lançamento do concreto, deverá ser efetuado um controle sistemático da resistência do concreto.

Para execução deste controle, deverão ser retiradas amostras durante o lançamento, e em diversos pontos da obra, de modo que o conjunto de corpos possa representar, da melhor maneira possível, a estrutura que está sendo executada.

A CONTRATADA deverá organizar, com antecedência, um programa para coleta de corpos de prova, tornando-se mais uma rotina da obra. Este programa deverá ser aprovado pela FISCALIZAÇÃO e poderá ser modificado, a critério da mesma. A moldagem e a cura dos corpos de prova deverão ser executadas de acordo com a NBR 5738/1994.

Todo o trabalho referente à retirada, moldagem, cura e testes dos corpos de prova será de responsabilidade da CONTRATADA que, inclusive, os identificará por uma numeração crescente e pela data de moldagem. A retirada e a moldagem dos corpos de prova deverão ser executadas na presença da FISCALIZAÇÃO.

Os corpos de prova deverão ser testados em laboratório e aprovados pela FISCALIZAÇÃO e os resultados dos ensaios serão enviados, por escrito, à mesma.

De acordo a NBR 12655, as amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem, conforme a ABNT NBR NM 33. Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma amassada, conforme a ABNT NBR 5738, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Ressalta-se a importância de execução de um corpo de prova sobressalente (armazenado em local apropriado na obra) a cada exemplar com a finalidade de se obter, no futuro, quando necessário, confirmação sobre resultados dos ensaios anteriores.

Ficará a cargo da FISCALIZAÇÃO o julgamento dos resultados dos ensaios recebidos do laboratório.

3.2.7 Aceitação ou Rejeição do Concreto

O concreto executado pela CONTRATADA será aceito pela FISCALIZAÇÃO, se comprovado por ensaios de laboratório que:

- Amostragem Parcial – os lotes de concreto possuem o valor estimado da resistência característica, calculado conforme item 6.2.3 da NBR 12655, que atendem à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

- Amostragem Total – todos os exemplares possuem o valor estimado da resistência característica, calculado conforme 6.2.3 da NBR 12655 que atendem à resistência característica do concreto à compressão especificada no projeto estrutural.

Caso as amostras não atendam ao especificado em norma, aos requisitos de projeto e as exigências da FISCALIZAÇÃO, pode-se proceder a contraprova com a amostra. Caso a

mesma apresente características indesejáveis, o lote será rejeitado.

3.3 MATERIAIS DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.3.1 Cimento

Todo o cimento deverá estar de acordo com as exigências da norma NBR 16697. A FISCALIZAÇÃO deve rejeitar as partidas de cimento, em sacos ou a granel, cujas amostras revelarem, nos ensaios, características inferiores aquelas estabelecidas pela referida norma técnica.

Caso o cimento seja entregue em saco, todos os locais de armazenamento deverão ser tais que permitam fácil acesso para trabalhos de inspeção e identificação. Quantidades suficientes de cimento deverão ser estocadas de maneira a permitir a fiel execução do cronograma de concretagem.

Os materiais deverão ser estocados de acordo com as normas da ABNT, em ordem cronológica de chegada, com condições para usar inicialmente o material estocado em primeiro lugar. Para tanto, cada partida de material deverá ser devidamente identificada.

O estoque deve ser realizado em local coberto ou fechado, de modo que não tenha contato com a umidade e que seja garantida sua validade estabelecida pelo fabricante, não ocorrência de endurecimento, contaminação ou alterações de suas características. O transporte interno até o local de mistura deve garantir as mesmas condições de estoque.

O cimento estocado por mais de 120 dias não poderá ser utilizado na obra, a não ser quando aprovado pela FISCALIZAÇÃO, após os respectivos ensaios.

Se for utilizado cimento a granel, os silos de armazenamento deverão ser esvaziados e limpos pela CONTRATADA, quando exigidos pela FISCALIZAÇÃO; todavia, o intervalo entre duas limpezas sucessivas dos silos nunca será superior a 120 dias.

3.3.2 Aditivos

Todos os aditivos a serem utilizados deverão atender às especificações contidas na norma NBR 11768 da ABNT, e deverão ser adicionados a cada traço, diluídos numa porção de água de amassamento, ou de acordo com instruções da FISCALIZAÇÃO.

Todos os aditivos tais como aceleradores, expansores, superfluidificantes, etc. poderão ser usados, desde que sejam determinados ou aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

3.3.3 Água

A água usada nos concretos e argamassas deverá estar livre de quantidades excessivas de silte, matéria orgânica, álcalis, óleos, sais ou outras impurezas, conforme indicado nas normas da ABNT.

A CONTRATADA deve proceder a uma pesquisa sistemática da qualidade da água utilizada para o preparo do concreto no canteiro, de modo a estar seguro de que, em qualquer tempo, ela terá características não nocivas à qualidade do concreto.

3.3.4 Agregados

É fundamental que se tenha um perfeito conhecimento dos agregados a serem utilizados para a obtenção de um concreto com boa resistência e durabilidade, visto que eles constituem aproximadamente 75% da composição do concreto, sendo os materiais menos homogêneos dentre os utilizados nas estruturas de concreto armado. Eles podem ser subdivididos em duas categorias:

- Agregado miúdo: Areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,75 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,150 mm;

- Agregado graúdo: Pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira de malha quadrada com abertura nominal de 75 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,75 mm.

Os agregados a serem utilizados nas estruturas de concreto armado deverão obedecer às exigências contidas nas NBR 7211 e NBR 6118 da ABNT.

3.3.4.1 Pilhas de Estocagem de Agregados

O agregado deverá ser estocado em pilhas de acordo com suas dimensões nominais e de maneira a evitar mistura com outros agregados, contaminação por poeira ou outros materiais estranhos, devendo ser possibilitada a drenagem livre de água.

Uma quantidade suficiente de agregado em cada gradação deverá ser mantida nos estoques, de modo a possibilitar um lançamento contínuo e complementação de qualquer módulo de concreto iniciado, bem como evitar a modificação de traços para atender a situações momentâneas de excesso ou falta de determinadas graduações.

3.3.4.2 Amostragem e Ensaios

As amostras dos agregados representativos dos materiais a serem usados na obra serão retiradas pela FISCALIZAÇÃO, antes da data prevista para o início da concretagem, conforme recomendações da NBR NM26.

As amostras deverão ser submetidas aos ensaios necessários para comprovar sua concordância com os termos destas especificações.

Todos os ensaios serão dirigidos pela FISCALIZAÇÃO, de acordo com os métodos padrões

da ABNT.

Durante a construção, a FISCALIZAÇÃO poderá continuar com a amostragem e ensaios dos agregados para verificar o atendimento aos requisitos especificados.

Os ensaios de agregados poderão ser feitos nos vários estágios de processamento e manuseio, a critério da FISCALIZAÇÃO.

3.3.4.3 Qualidade:

- Agregado Miúdo

As percentagens máximas de substâncias nocivas no agregado miúdo, ao entrar na betoneira, não deverão ultrapassar os seguintes valores, em percentagem de peso do material:

- Material pulverulento passando na peneira nº 200 (0,075 mm de abertura de malha): conforme a Norma NBR NM 46: 1,0%;
- Torrões de argila (Norma NBR 7218): 1,5%;
- Matérias carbonosas (Norma NBR 7211): 0,5%;
- Substâncias prejudiciais: isento de substâncias prejudiciais, tais como gravetos, mica, grânulos tenros, friáveis ou envolvidos por películas, etc;
- Massa específica: não inferior a 2,5 t/m^3, conforme a Norma NBR NM 45.

Importante realização de ensaios para verificação a reatividade potencial do agregado de acordo com a NBR 7211 e NBR 15577, visando evitar a ocorrência de reações expansivas deletérias devidas à reação álcali-agregado.

- Agregado Graúdo

A quantidade de substâncias nocivas no agregado graúdo, ao entrar na betoneira, não deve exceder os seguintes limites, em percentagem do peso do material:

- Torrões de argila e partículas friáveis (Norma NBR-7218): 0,25%;
- Material pulverulento passando na peneira no. 200 (0,075 mm de abertura de malha), conforme a Norma NBR NM 46: 0,5%.
- Ensaio de abrasão "*Los Angeles*": a perda nas várias graduações de agregado não excederá 40%, devendo o número de rotações ser determinado em função da graduação do agregado em exame, conforme a Norma NBR NM51;
- Massa específica: não inferior a 2,6 t/m^3, conforme a Norma NBR NM45.

Importante realização de ensaios para verificação a reatividade potencial do agregado, de acordo com a NBR 7211 e NBR 15577, visando evitar a ocorrência de reações expansivas deletérias devidas à reação álcali-agregado.

3.3.4.4 Composição Granulométrica

A composição granulométrica deverá ser determinada de acordo com a Norma NBR NM 248, devendo ficar dentro dos limites apresentados na Norma NBR 7211 (conforme apresentado a seguir), a menos que seja determinado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

- Agregado Miúdo

Tabela 3.2 – Limites Granulométricos para o Agregado Miúdo

Peneiras Aberturas Nominais (mm)	Porcentagem, em massa, retida acumulada Zona Ótima – Limite Inferior	Porcentagem, em massa, retida acumulada Zona Ótima – Limite Superior
9,5	0	0
6,3	0	0
4,75	0	5
2,36	10	20
1,18	20	30
0,6	35	55
0,3	65	85
0,15	90	95

A granulometria do agregado miúdo será também controlada de modo que os módulos de finura de pelo menos quatro, dentre cinco amostras consecutivas ensaiadas, não tenham variação maior do que 0,15 do módulo de finura médio de todas as amostras ensaiadas.

- Agregado Graúdo

Tabela 3.3 – Limites Granulométricos para o Agregado Graúdo

Peneiras Aberturas Nominais (mm)	Percentagem, em massa, retida acumulada		
	4,75mm a 12,5mm	9,5mm a 25mm	19mm a 31,5mm
37,5	-	-	-
31,5	-	-	0-5
25	-	0-5	5-25
19	-	2-15	65-95
12,5	0-5	40-65	92-100
9,5	2-15	80-100	-
6,3	40-65	92-100	-
4,75	80-100	95-100	-
2,36	95-100	-	-

Os limites indicados são para cada tamanho de agregado, separadamente.

3.4 DOSAGEM E MISTURA DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.4.1 Dosagem

As quantidades de cimento, aditivos, areia e cada tamanho nominal de agregado graúdo, que compõem o traço, deverão ser aprovados pela FISCALIZAÇÃO com base em resultados dos ensaios de laboratório.

As quantidades de agregados e cimento devem ser determinadas em peso. A água poderá ser medida em peso ou volume e deverá ser tal que a mistura seja trabalhável, sem falta e sem excesso. Na dosagem da água de amassamento deve ser levada em conta a umidade dos agregados inertes, principalmente a da areia, que deve ser determinada por meio de *speed moisture tester*, ou outros métodos usuais.

Os traços devem ser determinados por dosagem racional ou experimental, devendo, no entanto, ser respeitado os valores máximos de relação água/cimento e resistência característica “fck” definidos em projeto.

A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade prevalecentes durante a construção. Esta variabilidade medida pelo desvio-padrão, sd, é levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação:

$$fcmj = fckj + 1{,}65 \times sd$$

onde:

- fcmj é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias,expressa em megapascals (MPa);
- fckj é a resistência característica do concreto à compressão, aos j dias, expressa em megapascals (MPa);
- sd é o desvio-padrão da dosagem, expresso em megapascals (MPa).

No intuito de garantir a durabilidade, estanqueidade e resistência do concreto de acordo com os valores especificados em projeto e satisfazer outras condições, porventura requeridas pela agressividade do ambiente, a CONTRADADA deverá solicitar a presença um engenheiro especialista para:

- desenvolver o traço do concreto a ser utilizado
- acompanhar os processos referentes à fabricação, transporte, lançamento, adensamento, acabamento, cura

- desenvolver um plano de concretagem, acompanhando a liberação das concretagens de etapas subsequentes.

3.4.2 Mistura

A mistura e o amassamento poderão ser efetuados em central de concreto na obra ou através de mistura pronta (concreto pré-misturado) fornecida por empresa especializada.

Todos os dispositivos destinados à medição para preparo do concreto, deverão estar sujeitos à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Quando a mistura for feita em central de concreto, situada fora do local da Obra, a betoneira e os métodos usados deverão estar de acordo com os requisitos da norma NBR 7212 - Execução de Concreto Dosado em Central.

3.4.2.1 Mistura em central de concreto na obra

Quando se utilizar uma central de concreto na obra, deverão ser observadas todas as prescrições sobre a dosagem, devendo a mesma ser inspecionada e aprovada pela FISCALIZAÇÃO antes do início de sua utilização.

Os concretos convencionais, executados na central de concreto da obra, serão misturados completamente até apresentar aparência uniforme, com todos os componentes igualmente distribuídos.

Não será permitido mistura excessiva, que necessite de adição de água para preservar a consistência necessária do concreto.

A sequência da introdução dos componentes na betoneira deverá ser determinada na obra, com o propósito de se obter a melhor qualidade, fazendo-se os ajustes necessários.

A betoneira não será sobrecarregada além da capacidade recomendada pelo fabricante, e será operada na velocidade indicada na placa que fornece as características da máquina. A betoneira deverá ser limpa após cada período de produção de modo que o material que eventualmente ficou aderido seja removido e, portanto, não prejudique as futuras betonadas.

Concreto parcialmente endurecido não deverá ser reaproveitado para nova mistura.

O transporte entre a central de controle os locais de lançamento deverá ser o mais rápido quanto possível, evitando a segregação do concreto.

3.4.2.2 Mistura pronta (concreto pré-misturado) fornecida por empresa especializada

Quando for empregado concreto pré-misturado, a CONTRATADA deverá exigir da empresa fornecedora garantias de que sejam preenchidos todos os itens desta especificação, além de verificar se essa usina atende às exigências constantes da NBR 7212.

A liberação do concreto usinado envolverá as seguintes verificações:

- consistência do concreto de cada caminhão, medida de acordo com o Método NBR 7223, devendo estar de acordo com o pedido;

- homogeneidade da mistura, sendo rejeitado todo o caminhão que, por defeito nas pás da betoneira, não produzir homogeneização do concreto.

3.5 TRANSPORTE DO CONCRETO

3.5.1 Central de concreto na obra

O transporte de concreto do local de amassamento para o de lançamento deverá ser feito de modo que não decorram mais do que 30 minutos entre o momento em que se adiciona toda a água à mistura e o momento de lançamento.

O meio de transporte deve ser tal que não produza segregação dos elementos.

Quando o transporte for feito por meio de vagonetas, a velocidade do transporte não poderá ser superior a 20 km/h.

Quando o transporte for feito por meio de correias transportadoras, o ângulo de inclinação das mesmas não poderá ultrapassar:

- 18º para concreto com abatimento até 5 cm.
- 15º para concretos com abatimento de 6 a 10 cm.

A velocidade da correia não deve ser superior a 1 m/seg.

Os transportes devem ser cobertos, com a finalidade de proteger o concreto de chuvas e outras contaminações.

3.5.2 Transporte por bombeamento

Quando o transporte for feito por bombeamento, os agregados miúdos deverão ser proporcionados na relação 1:2 e 1:3.

No peso total de agregado miúdo, a quantidade de partículas com dimensões até 0,3 mm não deverá ultrapassar 15 a 20%.

É recomendável o uso de aditivos plastificantes, de modo que se garanta à mistura uma

consistência adequada durante o transporte pelas tubulações.

O diâmetro máximo do agregado graúdo dependerá do diâmetro da tubulação de transporte.

Quando forem empregados agregados de maior diâmetro que os especificados na NBR 7211, recomenda-se a Tabela 3.4 abaixo:

Tabela 3.4 – Diâmetro interno da tubulação versus dimensão máxima do agregado graúdo

Diâmetro interno da Tubulação (mm)	Dimensão máxima do agregado graúdo (mm)
280	70
200	70
150	40

Antes da admissão de concreto na tubulação, esta deverá ser rigorosamente limpa e lubrificada, passando-se pela mesma, nata de cimento. Para que a nata se espalhe por toda a superfície interna da tubulação, a mesma deverá ser fechada em uma das extremidades, de modo a impedir a saída da nata garantindo o total umedecimento do tubo.

Deverão ser tomadas providências para que o fluxo de concreto dentro da tubulação não sofra interrupções por obstrução.

Imediatamente após o uso, a tubulação deverá ser limpa completamente por meios mecânicos e em seguida lavada com água corrente.

No caso de transporte por bombeamento, a CONTRATADA deverá observar todas as recomendações contidas nas especificações do fabricante do equipamento.

3.5.3 Transporte de concreto pré-misturado (central externa)

No caso de transporte de concreto pré-misturado, o intervalo total de tempo entre o momento da adição da água e o momento do lançamento não poderá ultrapassar 1 (uma) hora, contado a partir do início da mistura até o final do adensamento.

Este tempo poderá ser aumentado, quando forem admitidos pela FISCALIZAÇÃO, desde que não haja nenhum prejuízo na qualidade do concreto até o término do seu adensamento, por exemplo, pela utilização de aditivo retardador de pega, em dosagem conveniente.

Os concretos pré-misturados que apresentarem qualquer sinal de segregação de material não poderão ser utilizados.

3.6 FÔRMAS

3.6.1 Geral

As fôrmas deverão ser fabricadas com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo

ser usadas nos locais onde se façam necessárias para confinar o concreto e moldá-lo segundo as linhas, dimensões e juntas especificadas no projeto.

Não deve ser iniciada a concretagem de qualquer peça, sem que antes a respectiva forma seja inspecionada e aprovada pela FISCALIZAÇÃO, o que não isentará a CONTRATADA de sua responsabilidade da obtenção de superfícies desempenadas, sem curvaturas e outros defeitos; caso apareçam superfícies inaceitáveis, serão corrigidas empregando-se métodos aprovados, ou então o concreto afetado será retirado, conforme decisão da FISCALIZAÇÃO.

As fôrmas, sejam de compensados de madeira ou metálicas, devem ser reforçadas e ter resistência suficiente para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, mantendo-se, rigidamente, em posição correta, sem deformação e devem ser estanques, de modo a impedir a perda da nata do concreto.

Deverão ser usados, conforme necessário, recursos adicionais para fixação das fôrmas, com o objetivo de mantê-las firmes contra o concreto endurecido.

Além do que especificado em norma, serão levadas em conta as seguintes especificações:

- Dimensões: as fôrmas deverão ser executadas rigorosamente, de acordo com as dimensões indicadas no PROJETO, e terem a resistência necessária para não se deformarem sob a ação do conjunto de peso próprio, peso e pressão do concreto fresco, peso das armaduras, das cargas acidentais e esforços provenientes da concretagem, principalmente em função da pressão resultante do lançamento e vibração do concreto, e sob a ação das variações de temperatura e umidade;

- Estanqueidade: as fôrmas deverão ser suficientemente estanques de maneira a impedir a fuga da nata ou pasta de cimento;

- Dimensionamento: o dimensionamento das fôrmas e dos escoramentos será feito de forma a evitar possíveis deformações devido a fatores ambientais ou provocados pelo adensamento do concreto fresco; as fôrmas serão dotadas da contra-flecha necessária conforme PROJETO;

- Confecção: as fôrmas serão confeccionadas ou montadas de forma que permitam a retirada dos diversos elementos com facilidade e principalmente, sem choques;

- Qualidade: não deverão ser utilizadas tábuas, folhas de compensado e chapas metálicas irregulares ou empenadas, devendo ainda a madeira ser isenta de ‘nós’ prejudiciais;
- Amarração: a amarração das fôrmas deverá garantir o perfeito alinhamento e paralelismo, impedindo o aparecimento de ondulações; a FISCALIZAÇÃO poderá exigir o acompanhamento topográfico em todas as fases de concretagem;

- Reutilização: as fôrmas poderão ser reutilizadas quantas vezes forem possíveis, desde que os danos sofridos nas concretagens não comprometam o acabamento das superfícies concretadas;

- Limpeza: no reaproveitamento de fôrmas, as mesmas deverão ser limpas e protegidas com agentes de desforma; não será permitido o uso de óleo queimado ou de outros produtos que venham a prejudicar a uniformidade de coloração ou aparência da pintura ou de outros materiais de acabamento;

- Revisão: as fôrmas e os escoramentos devem ser revistos periodicamente, prevendo-se a troca de elementos (braçadeiras, parafusos, escoramentos, mãos francesas, espaçadores, etc.), que não ofereçam condições de uso ou a critério da FISCALIZAÇÃO.

Fôrmas que não mais apresentarem linhas e greides exatos, e estanqueidade à argamassa, que estejam empenadas, danificadas de alguma forma, ou inadequadas, deverão ser consertadas antes de serem novamente utilizadas. Quando, na opinião da FISCALIZAÇÃO, as fôrmas não mais apresentarem as tolerâncias, acabamento ou aparência aqui especificados, ou forem consideradas inadequadas, as mesmas deverão ser substituídas por fôrmas aceitáveis.

3.6.2 Limpeza e Lubrificação das Fôrmas

Por ocasião do lançamento do concreto, as fôrmas deverão estar isentas de incrustações de argamassa ou outros materiais estranhos.

As fôrmas devem ser limpas, estar isentas de pó, serragem, restos de arame de armadura, pregos e outros detritos no momento da concretagem. Com esses propósitos, devem ser deixadas aberturas nas fôrmas até o lançamento do concreto.

Antes que o concreto seja lançado, deve ser aplicado nas fôrmas uma demão de desmoldante, de fórmula aprovada pela FISCALIZAÇÃO, que não deixará na superfície de madeira qualquer película que possa ser absorvida pelo concreto.

A armadura de aço ou outras superfícies, que necessitem de aderência ao concreto, deverão ser mantidas isentas do desmoldante.

As fôrmas de madeira serão molhadas até a saturação, anteriormente ao lançamento do concreto.

3.6.3 Escoramento e Andaimes

Devem ser levadas em conta as seguintes especificações:

Para dimensionamento dos escoramentos, o concreto fresco deve ser considerado com peso

específico igual a 2.400 Kg/m^3 para cargas verticais; relativamente às cargas horizontais, será considerado o peso específico de 1.360 kg/m^3 para a altura de concretagem a ser executada durante a primeira hora de serviço, e de 720Kg/m^3 para a altura que será executada após esta 1° hora de serviço; o comprimento livre dos esteios e de outros elementos de madeira submetidos à compressão longitudinal, não excederá a 30 vezes seu diâmetro ou sua menor dimensão; a estrutura deve suportar as cargas, sem que ocorra recalque ou deformações inadequadas.

Antes ou depois do lançamento do concreto; caso o escoramento apresente algum sinal de recalque ou distorção indevida, o trabalho deve ser suspenso e o concreto afetado, retirado, reiniciando-se o trabalho após o reforço do escoramento.

3.6.4 Remoção das Fôrmas e Escoramentos

Para permitir a execução da cura especificada e facilitar a rápida correção das imperfeições das superfícies, as fôrmas deverão ser cuidadosamente removidas, tão logo o concreto tenha endurecido e adquirido suficiente resistência para que a remoção não resulte em trincas perceptíveis, desagregação ou quebra das arestas das superfícies ou outros danos para o concreto.

A remoção das fôrmas e a retirada dos escoramentos estão condicionados a realização de ensaios para comprovação das propriedades mecânicas do concreto, devendo ser respeitados os seguintes prazos mínimos:

- Faces laterais: 72 horas
- Faces inferiores: 14 dias, mantendo os pontaletes
- Faces inferiores: 21 dia, com retirada total dos pontaletes

Abaixo a Tabela 3.5 apresenta os resultados esperados para o concreto nas idades intermediárias e aos 28 dias:

Tabela 3.5 – Propriedades mecânicas do concreto para várias idades

Idade (dias)	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de deformação secante (GPa)
3	14	17,5
14	26	25
21	28,5	26
28	30	27

Quaisquer reparos necessários em superfícies deverão ser realizados de uma só vez e imediatamente após a remoção das fôrmas.
Os prazos de desforma acima citados são devidos a melhorar a cura. Embora o concreto tenha atingido a resistência a compressão, deve ser evitado a desforma antecipada, para se evitar a perda de água, que permitirá a entrada de agentes agressivos e a instalação de células de corrosão nas armaduras ou mesmo uma carbonatação mais intensa, desprotegendo o aço, bem como propiciará o aparecimento de fissuras que comprometem a estanqueidade do

concreto.

3.6.5 Liberação para Trabalhos de Compactação

Os trabalhos de compactação só poderão ser inicializados após a realização de ensaios para comprovação das propriedades mecânicas do concreto, conforme Tabela 3.4 acima e respeitando os prazos mínimos:

- Reaterro lateral das paredes: 14 dias do término do lançamento de concreto daquele trecho da estrutura. Caso a estrutura seja do tipo galeria ou bueiro, o prazo para o reaterro deve ser medido a partir da concretagem da laje superior.

- Reaterro sobre a laje superior: 28 dias do término do lançamento de concreto daquele trecho da estrutura.

3.7 PREPARO PARA LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.7.1 Superfícies de Fundação

Imediatamente antes do lançamento do concreto, todas as superfícies de fundação sobre as quais ou de encontro às quais o concreto deva ser lançado, deverão estar livres de água, lodo ou detritos, limpas e isentas de óleo, aderências indesejáveis, fragmentos soltos, semi-soltos e alterados.

Superfícies porosas nas fundações de encontro às quais o concreto será lançado, deverão ser completamente umedecidas, de modo que a água do concreto fresco recém-lançado não seja absorvida.

Todas as infiltrações de água, caso ocorram, deverão ser coletadas por meio de drenos de brita, cobertos com argamassa de pega rápida e dispondo de tubo coletor (para drenagem e/ou injeção), ou por meio de outros métodos aprovados pela FISCALIZAÇÃO. Toda a água coletada nos drenos deverá ser bombeada durante o período de concretagem.

Logo depois que a infiltração for controlada, a tubulação de drenagem deverá ser concretada e/ou injetada.

Depressões ou irregularidades nas fundações deverão ser preenchidas com uma camada de argamassa ou concreto de regularização, com no mínimo 10 cm.

O concreto não deverá ser lançado em nenhum local da fundação sem a prévia aprovação da FISCALIZAÇÃO.

3.7.2 Superfícies das Juntas de Construção e de Dilatação

As superfícies de concreto sobre as quais, ou de encontro às quais, o concreto novo será lançado, devendo a elas aderir, mas que tenham se tornado tão rígidas que o concreto novo

não possa ser incorporado ao concreto antigo, são definidas como juntas de construção.

As superfícies das juntas de construção deverão se apresentar limpas, apicoadas e umedecidas antes de serem cobertas com o concreto fresco.

A limpeza consistirá de remoção de nata, concreto solto ou defeituoso, areia ou outros materiais estranhos.

As superfícies das juntas de construção deverão ser limpas com jato d'água ou qualquer outro método aprovado pela FISCALIZAÇÃO, que produza resultados satisfatórios imediatamente antes do início do lançamento do concreto.

Na limpeza das juntas de construção, deverá ser tomado cuidado para evitar excesso de desbastamento.

Depois do tratamento, a superfície deverá ser limpa e lavada, enquanto houver sinais de turvação da água, imediatamente antes do início de novo lançamento.

As juntas de dilatação devem ser executadas de tal modo a permitirem absoluta liberdade de movimento entre as estruturas de concreto e não deverão receber qualquer tratamento, além do indicado no projeto.

3.7.3 Junta Fria

Considera-se como junta fria a junta de construção não programada que pode ocorrer acidentalmente durante o lançamento do concreto.

Sua presença é constatada no momento em que um vibrador, funcionando, não penetra pelo seu próprio peso através da superfície da camada de concreto, exigindo, para o estabelecimento de continuidade do processo construtivo, cuidados especiais para obtenção de superfície, aderência mecânica na continuidade da concretagem.

As juntas frias deverão ser evitadas. No momento em que se constatarem condições tendentes à sua formação, deve-se providenciar, imediatamente, o confinamento e a vibração das cabeças das camadas, evitando suas superposições. Nessa operação, deve-se cuidar para que a superfície da junta fique em rampa suave de (2:1).

As superfícies das juntas devem receber tratamento com escova de aço, jateamento de areia ou qualquer outro processo que proporcione a formação de dentes, ranhuras ou saliências. A superfície da junta concretada anteriormente deve passar por uma limpeza (lavagem com água) dos materiais pulverulentos, nata de cimento, graxa ou quaisquer outros prejudiciais à aderência.

O tratamento indicado, ou qualquer outro aprovado pela FISCALIZAÇÃO, deverá proporcionar à superfície da junta condições de aderência com o concreto a ser lançado.

3.7.4 Juntas de Construção

Consideram-se como juntas de construção a superfície resultante do contato de uma camada de concreto recém-lançada, com a superfície de concreto já existente, e de tal modo endurecida, que não permita uma íntima fusão entre as camadas e que, mesmo por ação de vibração, o concreto novo não mais se incorpora com o anteriormente lançado.

A utilização com traço com elevado Slump, nas execuções das cabeças, deverá ser evitada por determinar junta frágil com muita porosidade.

Os resíduos não consolidados de concreto, que resultem soltos na superfície, deverão ser removidos antes que os trabalhos de preparo da superfície da junta sejam iniciados.

Para as juntas, a critério da FISCALIZAÇÃO, o corte do concreto deverá ser feito com jato de areia e água, horas antes do reinício da nova etapa de lançamento, seguido de completa lavagem. A idade do concreto já existente deve ser superior a 15 horas e inferior a 72 horas e apresentar resistência suficiente para evitar que o agregado graúdo se destaque na superfície tratada.

Se a idade do concreto for superior a 72 horas, deve-se apicoar toda a superfície que entrará em contato com o concreto novo.

O preparo de juntas de construção com corte de ar e água poderá ser executado desde que se situe na faixa de 4 a 15 horas após o lançamento. O intervalo de tempo ideal dependerá da temperatura ambiente e dos fatores intrínsecos do concreto.

Qualquer corte com ar e água somente será autorizado se previstos os seguintes cuidados:

- Não serem executados prematuramente, para evitar erosões e desprendimento do agregado graúdo;

- Quando o início da concretagem for superior a 48 horas, deverá ser feita aplicação de jatos de água e ar na superfície da junta para sua limpeza, com antecedência de 3 a 4 horas.

No caso de ocorrer contaminação em juntas tratadas por esse processo de limpeza, deverá ser feito um novo tratamento com jato de areia, aplicado momentos antes do próximo lançamento.

É importante que durante o lançamento não haja superposições de cabeças entre duas camadas. Deverá ser mantida sempre uma distância razoável e constante entre as cabeças de concretagem.

A retomada da concretagem deve se dar de tal modo que seja evitado o efeito de ricochete sobre a superfície endurecida.

O concreto lançado deverá ser vibrado de modo a pressionar a cabeça da junta.

3.7.5 Junta de Construção com Tratamento à Base de Resina Epóxi

A FISCALIZAÇÃO, a seu critério, ou mesmo por indicação da CONTRATADA, com aprovação da FISCALIZAÇÃO, em locais aprovados por ela, poderão ser executados os seguintes serviços, em juntas de construção:

- As superfícies deverão estar isentas de poeira, nata de cimento, graxa, óleo, parafina ou qualquer substância estranha.

- Antes da aplicação do epóxi, a superfície do concreto deverá estar completamente seca, devendo-se observar se, ao se fazer jateamento com ar comprimido, esse ar não contenha vapor de água.

- A resina à base de epóxi deverá ser preparada em pequenas quantidades (componente A + componente B), de tal modo que haja tempo de se recobrir, com concreto, uma porção tal da superfície de modo que ainda não haja iniciado o endurecimento da mistura dos dois componentes aplicada nesta superfície.

- O tempo de vida útil (pot-life) depende da marca do produto e da temperatura ambiente, desde que as proporções entre os dois componentes estejam corretas.

- Poderá ser utilizado adesivo estrutural à base de epóxi de qualquer fabricante, ou distribuidor renomado, tal como: Sikadur 32 (Sika) ou outra marca, de fabricante idôneo.

- Deverá ser colocada na obra quantidade de produto superior ao consumo estimado que, no caso, seria em torno de 1,5 a 2 kg/m^2, já que, se o consumo real for maior que o estimado, não haverá material de sobra, e seria criada uma nova junta fria, que poderia se apresentar até mesmo em piores condições que a primeira.

3.7.6 Juntas de Dilatação no Concreto

Considera-se como junta de dilatação, a interrupção no concreto com a finalidade de reduzir tensões internas que possam resultar em impedimentos a qualquer tipo de movimentação da estrutura, principalmente em decorrência de retração ou rebaixamento da temperatura.

As juntas de dilatação no concreto deverão ser rigorosamente executadas de acordo com os detalhes previstos no projeto. Dentro da realidade encontrada na obra, a CONTRATADA deverá submeter à aprovação da FISCALIZAÇÃO, antecipadamente, os locais de juntas, bem como os detalhes e especificações da execução.

Depois de concluído todo o trabalho, a argamassa solta, ou que estiver formando conchas delgadas capazes de se estilhaçarem com o movimento, deve ser retirada cuidadosamente de todas as juntas usando-se um cinzel fino. Todas as juntas de dilatação devem ser construídas com material elástico flexível que satisfaça os requisitos necessário conforme preconizado no projeto. Para estabelecer descontinuidade estrutural do concreto deve-se utilizar isopor.

As juntas de dilatação não deverão receber qualquer tratamento, além do indicado no projeto.

3.7.7 Dispositivos de vedação

Todos os dispositivos de vedação elástica deverão ser instalados de maneira a formar um diafragma estanque, contínuo em cada junta e serão posicionados conforme indicado nos desenhos ou determinado pela FISCALIZAÇÃO.

Os dispositivos de vedação elástica deverão ser instalados com aproximadamente metade de sua largura embutida no concreto, em cada lado da junta, a menos que seja detalhado de maneira diferente nos desenhos.

Deverá ser tomado cuidado no lançamento e vibração do concreto próximo ao dispositivo de vedação, para obtenção de aderência completa entre o dispositivo de vedação e o concreto.

Deverão ser adotadas providências adequadas para o apoio e proteção dos dispositivos de vedação durante o andamento dos serviços, e para que suas superfícies permaneçam totalmente isentas de óleo, graxa, ou outras substâncias contaminantes.

Deverão ser usados dispositivos de vedação de PVC, conforme mostrado nos desenhos, ou determinado pela FISCALIZAÇÃO, sendo que, preferencialmente, sem o uso de emendas desses perfis.

No caso de necessidade de emendas, elas deverão ser localizadas apenas nas paredes, e a 1,0 m acima da face superior da laje de fundo.

As emendas só poderão ser (de topo) e executadas por processo de solda autógena e seguindo as instruções do fabricante. O aquecimento deverá ser controlado e o suficiente apenas para fundir o material sem carbonizá-lo.

Os dispositivos de vedação instalados em um lado de uma junta e que fiquem expostos 30 dias ou mais, sem que o outro lado venha a ser concretado, deverão ser cobertos ou protegidos de outra forma contra os raios diretos do sol e outros agentes externos que possam vir a danificá-los.

Os materiais de enchimento de juntas (mastique elástico, isopor ou equivalente), deverão ser aplicados nos locais mostrados nos desenhos ou determinados pela FISCALIZAÇÃO, de acordo com instruções ou recomendações do fabricante e na falta destas, de acordo com recomendações da FISCALIZAÇÃO.

3.8 LANÇAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.8.1 Lançamento

O concreto deverá ser lançado somente com tempo seco, a não ser que seja autorizado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

Não deverá ser usada argamassa nas juntas de construção, para evitar camadas permeáveis entre duas camadas consecutivas de concreto.

O concreto remisturado não deverá ser usado. Qualquer concreto, que tenha endurecido de tal forma que sua colocação adequada não possa ser assegurada, será rejeitado.

O concreto deverá ser descarregado o mais próximo possível de sua posição definitiva, não devendo ser obrigado a fluir, de modo que o movimento lateral permita ou cause segregação.

Os métodos e equipamentos empregados no lançamento do concreto nas formas deverão ser tais que evitem a segregação dos agregados graúdos da massa de concreto.

Iniciado o lançamento, a concretagem não deverá ser interrompida até que toda a concretagem do módulo tenha sido concluída.

A colocação do concreto deve ser contínua, e conduzida de forma a não haver interrupções superiores a duas horas, caso a temperatura ambiente seja cerca de 24ºC ou menos. Para temperaturas mais elevadas, o tempo máximo de interrupções deverá ser de no máximo de uma hora.

Nas interrupções dos lançamentos do concreto, as juntas de construção deverão ter os cuidados já descritos no preparo dos lançamentos.

As juntas de construção deverão ser aproximadamente horizontais, a não ser quando indicado de outra forma pela FISCALIZAÇÃO.

As etapas de concretagem devem ser cuidadosamente definidas e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO. A concretagem da laje de fundo deverá ocorrer até o limite superior da mísula (caso detalhado em projeto) ou a 15 cm acima da laje, conforme indicado na Figura 3.1 abaixo. O mesmo procedimento deve ser aplicado para a laje de topo, no caso de galerias e bueiros.

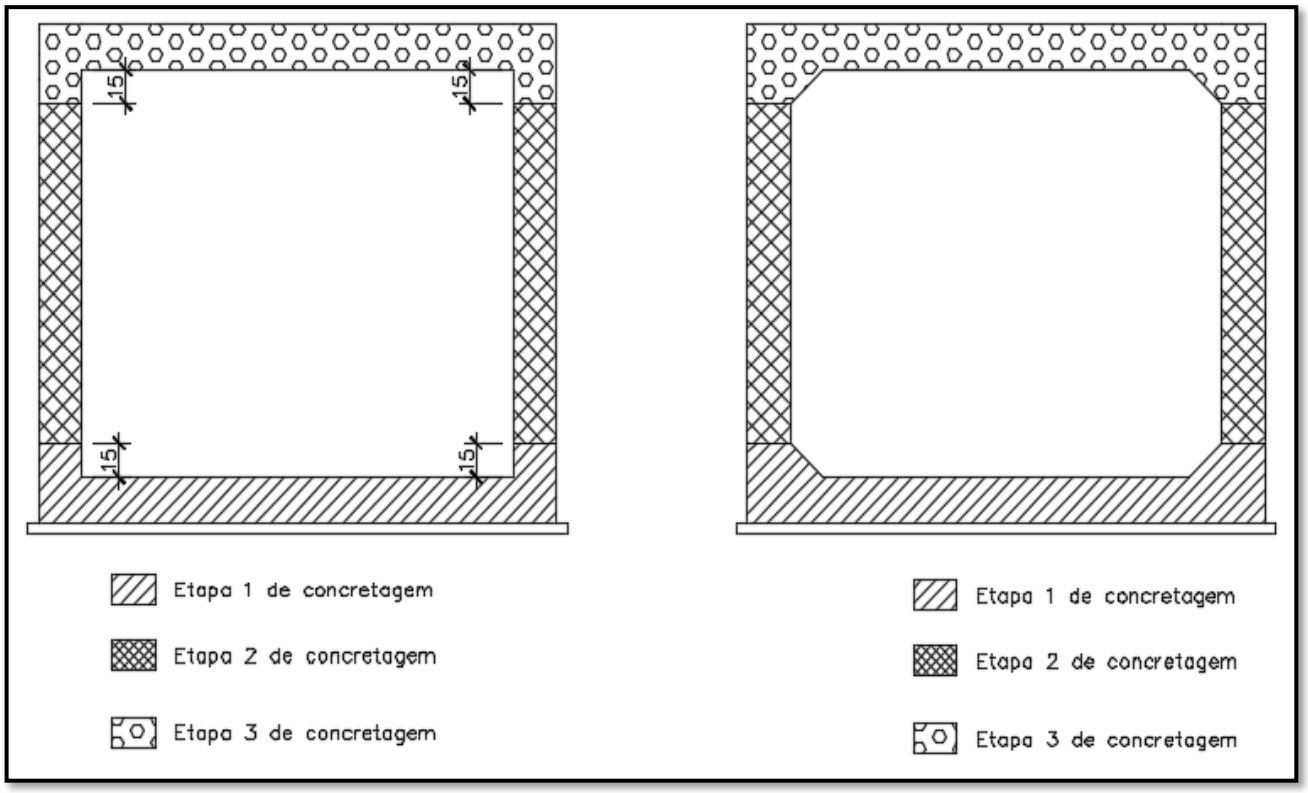


Figura 3.1 – Etapas de concretagem

O concreto deve formar uma pedra artificial compacta e estanque com superfícies lisas nas faces expostas; não deverá haver manchas, nem vazamentos, e as fissuras devido à retração devem ser reparadas; não poderão haver eflorescências nem reação álcali agregado e o concreto deverá ser garantido para uma vida útil de no mínimo 50 anos.

Quando qualquer parte de concreto ficar poroso, ou apresentar qualquer outro defeito, deve ser retirado e substituído, total ou parcialmente, como for exigido pela FISCALIZAÇÃO.

3.8.2 Adensamento

O concreto deverá ser adensado até a densidade máxima praticável, livre de bolsas de ar e de vazios entre agregados graúdos, ficando aderido a todas as superfícies das formas e dos materiais embutidos.

O adensamento do concreto em estruturas deverá ser feito por vibradores do tipo imersão, com acionamento elétrico ou pneumático.

Antes do início do lançamento do concreto, todos os vibradores a ar comprimido e as mangueiras deverão ser inspecionados para verificação de possíveis defeitos.

Quando imersos no concreto, os vibradores cujo tubo vibratório tenha diâmetro igual ou superior a 10 cm, deverão ser operados com velocidades de, pelo menos, 6.000 rpm e os de

diâmetro inferior a 10 cm com velocidades de, pelo menos, 7.000 rpm.

O vibrador deverá operar no adensamento do concreto em posição próxima da vertical, deixando o tubo vibratório penetrar e revibrar o concreto na parte superior.

Deverão ser tomadas precauções para evitar o contato dos tubos vibratórios com as faces das formas, aço da armadura e partes embutidas.

Deverá ser evitada vibração excessiva que possa causar segregação e exsudação.

3.9 CURA E PROTEÇÃO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

A CONTRATADA deve ter em seu poder, para uso imediato, todos os materiais e equipamentos necessários para a cura adequada e proteção do concreto antes que se inicie a concretagem. A cura deve ser iniciada imediatamente após o início da pega do concreto.

Em geral, o concreto deve ser curado como segue:

3.9.1 Cura com Água

O concreto de cimento Portland comum, curado com água, deverá ser mantido úmido pelo menos durante 14 dias.

A cura com água deverá começar assim que o concreto tenha endurecido suficientemente para evitar danos devidos ao umedecimento da superfície. As superfícies a serem cobertas, ou preenchidas com solo, só necessitam ser curadas até ser colocado o referido aterro.

O concreto deverá ser mantido úmido, sendo coberto por um material saturado de água como, por exemplo, uma camada de areia ou por um sistema de tubos perfurados, ou aspersão mecânica, ou por qualquer método que mantenha todas as superfícies a serem curadas continuamente (não periodicamente) molhadas.

No caso de se utilizar manta para cura de concreto, utilizar aquelas associadas a filme plástico, preferencialmente, que no uso atenderá às especificações do fabricante. O tempo de cura com água poderá ser reduzido, mas nunca menor que 4 dias completos consecutivos, contados a partir do término do lançamento do concreto neste trecho.

Esta redução do prazo de cura dependerá das condições climáticas, e deverá ser aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

As fôrmas em contato com concreto novo deverão ser também mantidas molhadas, de modo a conservar a superfície do concreto novo, tão fria quanto possível.

A água utilizada na cura do concreto deverá atender às mesmas exigências que a água usada no amassamento do concreto.

3.9.2 Cura Química

Os compostos para cura química devem ser usados de acordo com as indicações do fabricante, depois de aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

3.10 ACABAMENTO E MÉTODOS DE ACABAMENTO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.10.1 Geral

As classes de acabamento e as exigências para cada tipo de acabamento das superfícies de concreto deverão ser como especificadas neste item. O acabamento de superfícies de concreto somente deverá ser executado por pessoal habilitado. A CONTRATADA deverá manter a FISCALIZAÇÃO a par da ocasião em que o acabamento em concreto será executado. O acabamento em concreto deverá ser executado somente na presença de representante da FISCALIZAÇÃO.

As superfícies de concreto serão verificadas, onde necessário, para determinar se as irregularidades das superfícies estão dentro dos limites aqui especificados. As irregularidades de superfície são classificadas como abruptas ou graduais.

Ressaltos causados por deslocamentos ou desvios do revestimento, do forro das fôrmas, de seções de fôrmas, ou por outro defeito no revestimento delas, serão considerados como irregularidades abruptas e serão verificados por medição direta.

Todas as outras irregularidades serão consideradas como irregularidades graduais e serão verificadas pelo emprego de gabarito, que será uma régua, ou seu equivalente para superfícies curvas. O comprimento do gabarito será de 1,5 m para verificação de superfícies de acabamento tipo F3 e U3 e de 3 m para verificação de superfícies de outros tipos.

O acabamento de superfícies de concreto deverá ser preciso, perfeito, liso e livre de rebarbas, buracos, depressões, vazios, manchas e outros defeitos prejudiciais, tal como especificado neste item.

Imediatamente após a remoção das fôrmas, o acabamento da superfície deverá ser inspecionado e submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO. A aprovação da superfície levará em conta o tipo de acabamento especificado e a localização da superfície na Obra.

Cuidado especial deverá ser tomado no adensamento e acabamento de concreto sujeito à abrasão, ou cavitação, por ação da água, para se ter certeza de que as superfícies completadas sejam lisas, duras, densas e isentas de concentrações de agregado fino e pasta de cimento endurecido.

Os acabamentos a serem dados às várias superfícies serão como especificados adiante. No caso de acabamentos não claramente especificados aqui, o acabamento a ser usado deverá ser aquele especificado para superfícies similares adjacentes ou de acordo com a

determinação da FISCALIZAÇÃO.

3.10.2 Superfícies de Concreto Colocadas contra Fôrmas

As classes de acabamento para superfícies de concreto colocado contra formas, exceto as superfícies para as quais sejam exigidos acabamentos especiais, serão indicadas pelos símbolos F1, F2 e F3.

Não será necessário esmerilhamento em tais superfícies, a não ser aquele indicado para correção de imperfeições das mesmas, como já especificado. Salvo especificação em contrário, as classes de acabamento serão as seguintes:

3.10.2.1 Acabamento F1

O acabamento F1 aplica-se a superfícies sobre, ou contra, as quais o concreto deverá ser colocado. As superfícies não exigem tratamento depois da remoção da forma, exceto para reparo do concreto defeituoso, e enchimento de cavidades deixadas pela remoção dos fixadores das formas, como exigido no item "Reparos no Concreto".

A correção das irregularidades, neste tipo de superfície, será necessária somente para as depressões cujas medidas excedam a 3,0 cm.

3.10.2.2 Acabamento F2

O acabamento F2 aplica-se a superfícies que não estejam permanentemente cobertas por material de enchimento, ou concreto, ou que não requeiram acabamento F3. Exceto como doravante previsto, as irregularidades medidas de superfície em acabamento F2 não poderão exceder a 6 mm para irregularidades abruptas, e 12 mm para irregularidades graduais.

3.10.2.3 Acabamento F3

O acabamento F3 aplica-se às superfícies para as quais o alinhamento exato e a regularidade sejam de importância do ponto de vista da eliminação de efeitos destrutivos ao fluxo da água ou em outros casos, a critério da FISCALIZAÇÃO.

As irregularidades de superfície com acabamento F3, medidas como descrito anteriormente, não poderão exceder a 6 mm para irregularidades abruptas paralelas à direção do fluxo, e a 3 mm, para irregularidades abruptas não paralelas à direção do fluxo, ou para irregularidades abruptas de superfície, cuja aparência seja de importância especial. Nas juntas de construção, não serão permitidas irregularidades abruptas.

As irregularidades graduais não deverão exceder a 6 mm.

Todas as irregularidades maiores do que as especificadas para esta classe de acabamento deverão ser eliminadas por esmerilhamento em bisel, cuja razão da altura pelo comprimento é de 1 para 20, no caso de superfícies consideradas de importância especial. Para superfícies

sujeitas à ação da água, o esmerilhamento em bisel será de 1 para 50, e de acordo com indicações da FISCALIZAÇÃO.

3.10.3 Superfícies Obtidas sem Fôrmas

As classes de acabamento para superfícies de concreto lançado sem uso de formas são indicadas pelos símbolos U1, U2 e U3. As superfícies interiores serão inclinadas para permitir drenagem, onde indicado nos desenhos de forma, ou determinado pela FISCALIZAÇÃO. As superfícies que serão expostas ao tempo e que normalmente seriam horizontais deverão ser inclinadas para permitir a drenagem, de acordo com os desenhos ou determinações da FISCALIZAÇÃO. Salvo especificação em contrário, estas classes de acabamento aplicam-se do seguinte modo:

3.10.3.1 Acabamento U1

O acabamento U1 (nivelamento à régua) aplica-se a superfícies que serão cobertas por material de reaterro, de enchimento, ou por concreto.

O acabamento U1 é também usado como o primeiro estágio dos acabamentos U2 e U3.

As operações de acabamento deverão consistir no espalhamento de concreto, e passes de régua suficientes para produzir superfícies uniformes e niveladas.

As irregularidades de superfície medidas não poderão exceder a 15 mm.

3.10.3.2 Acabamento U2

O acabamento U2 (acabamento à desempenadeira) aplica-se a superfícies que não estejam permanentemente cobertas por material de enchimento, aterro, ou concreto, ou não necessitem receber o acabamento U3.

O acabamento U2 é também usado como o segundo estágio do acabamento U3. O alisamento poderá ser executado pelo uso de equipamento manual, ou mecânico. O alisamento deverá ser iniciado tão logo a superfície nivelada à régua tenha endurecido suficientemente, e deverá ser o mínimo necessário para produzir uma superfície que seja isenta de marcas de régua e de textura uniforme.

Quando o acabamento U2 tiver que ser aplicado, o alisamento será contínuo, até que uma pequena quantidade de argamassa, sem água em excesso, venha à superfície, a fim de permitir alisamento efetivo por desempenadeira.

As irregularidades da superfície no acabamento U2 medidas não poderão exceder a 6 mm.

As juntas e bordas deverão ser trabalhadas onde mostrado nos desenhos, ou onde for determinado pela FISCALIZAÇÃO.

3.10.3.3 Acabamento U3

O acabamento U3 será aplicado aos mesmos tipos de superfícies para as quais é exigido o acabamento F3.

Onde o acabamento U3 for indicado, o alisamento com desempenadeira de aço, pá mecânica, ou similar, deverá ser iniciado quando a superfície já alisada tenha endurecido suficientemente para evitar que seja arrastado o excesso de material fino para a superfície.

O alisamento com desempenadeira de aço deverá ser executado com certa pressão, de modo a aplainar a textura arenosa da superfície já alisada, e produzir uma superfície densa e uniforme, livre de manchas ou marcas de colher. O alisamento não deverá ser exagerado a ponto de provocar excesso de calda junto à superfície.

As irregularidades graduais de superfície medidas não poderão exceder a 6 mm, e não serão permitidas quaisquer irregularidades abruptas.

3.11 REPAROS NO CONCRETO

O concreto que for danificado por qualquer causa, o concreto com ninhos, fraturado, com depressões excessivas, ou com outros defeitos deverá ser removido e substituído por argamassa ou concreto, conforme especificado adiante.

Exceto em casos muito excepcionais, os reparos das imperfeições no concreto executado com fôrmas deverão ser feitos imediatamente após a remoção das mesmas.

O enchimento com argamassa poderá ser usado para reparar defeitos em superfícies quando as áreas defeituosas forem extensas e rasas.

O enchimento com concreto deverá ser usado para cavidades que se estendam através da seção de concreto, para furos onde não haja armadura e que tenham área superior a 1.000 cm², e profundidade superior a 10 cm, e para cavidades, em concreto armado, que tenham área superior a 500 cm² e que se prolonguem além da armadura.

Em áreas sujeitas a escoamento de água em alta velocidade, os reparos de depressões deverão ser feitos com argamassa preparada com Sika Top 122 ou similar, previamente aprovada pela FISCALIZAÇÃO.

Todo o concreto defeituoso deverá ser removido, bem como pelo menos 2 cm de concreto são, ao longo de todas as superfícies de contorno do reparo.

O concreto deverá ser cortado em forma de cunha, com as bordas em ângulos próximos a 90º.

Todos os enchimentos deverão ficar firmemente ligados às superfícies dos furos e não apresentar trincas de retração depois de curados e secos.

3.12 TOLERÂNCIAS PARA CONSTRUÇÃO DOS CONCRETOS CONVENCIONAIS

3.12.1 Geral

As irregularidades admissíveis das superfícies de concreto, de acordo com o especificado, deverão ser diferenciadas das tolerâncias descritas a seguir.

A FISCALIZAÇÃO se reserva o direito de reduzir os valores das tolerâncias aqui definidos, se esses prejudicarem a ação estrutural, ou operação funcional da estrutura.

Quando não forem estabelecidas as tolerâncias para qualquer estrutura individual, ou parte da mesma nessas especificações, ou nos desenhos, os desvios permissíveis serão estabelecidos de acordo com as determinações da FISCALIZAÇÃO.

3.12.2 Tolerâncias em relação a alinhamentos, cotas e dimensões de projeto

A CONTRATADA será responsável pela locação, colocação e manutenção das fôrmas de concreto, de modo que os desvios das diversas estruturas em relação aos prumos, níveis, alinhamentos, perfis e dimensões indicadas nos desenhos de projeto se mantenham dentro dos limites de tolerâncias preconizadas pela NBR14931 e NBR6118.

As estruturas de concreto serão verificadas pela FISCALIZAÇÃO, sendo objeto das inspeções e medições necessárias para determinar se os alinhamentos, cotas e dimensões de projeto respeitam as tolerâncias indicadas na NBR 14931, principalmente o preconizado no seu item 9.2.4.

3.13 ARMADURA DE AÇO

3.13.1 Geral

Serão consideradas armaduras para concreto armado, as que satisfaçam a NBR 7480 da ABNT.

As barras não poderão apresentar defeitos prejudiciais tais como: fissuras, esfoliações, bolhas, oxidação excessiva e corrosão.

Deverão ser rejeitadas as barras que não satisfizerem a esta especificação. Se a porcentagem de barras defeituosas for elevada, de modo a tomar praticamente impossível a sua separação e rejeição, todo o conteúdo deverá ser rejeitado.

As tolerâncias, amostragens, condições de aceitação, rejeição do lote e ensaios, deverão seguir às determinações da norma NBR 7480

De acordo com as normas da ABNT, deverá ser utilizado o seguinte tipo de aço:

- CA-50
- ϕmáx. = 3/4" (20 mm);
- Barras nervuradas.

3.13.2 Projeto

Os desenhos de armadura e a relação de ferros indicando as dimensões de corte e dobramento serão fornecidos pela PROJETISTA.

Se o material com os diâmetros especificados não estiver disponível no local da obra, a FISCALIZAÇÃO poderá determinar o emprego de outros diâmetros, com as necessárias modificações, desde que seja comunicado à PROJETISTA.

3.13.3 Corte e Dobramento

A armadura de aço deverá ser cortada a frio e dobrada com equipamento adequado, de acordo com prática usual, e as normas da ABNT. Não será permitido o aquecimento do aço da armadura para facilitar o dobramento.

A armadura de aço preparada para colocação será guardada de modo adequado, a fim de evitar o contato com o solo e lama, bem como deverá ser etiquetada, para permitir pronta identificação.

3.13.4 Colocação da Armadura

A armadura, antes de ser colocada em sua posição definitiva, deverá ser totalmente limpa, ficando isenta de terra, graxa, tinta, carepas e substâncias estranhas, que possam reduzir a aderência, e deverá ser mantida limpa até que esteja completamente embutida no concreto.

A armadura de aço deverá ser apoiada na posição definitiva, como indicado nos desenhos, e de maneira tal que suporte, sem deslocamentos, as operações de lançamento do concreto. Isso poderá ser obtido com o emprego de barras de aço, blocos pré-moldados de argamassa, ganchos de metal ou outros dispositivos aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Não será permitida a colocação de armadura de aço em concreto fresco.

Não será permitido o reposicionamento das barras quando o concreto estiver no processo de endurecimento.

O cobrimento das barras deverá ser como especificado nas normas e desenhos de construção, dentro das tolerâncias determinadas pela FISCALIZAÇÃO. A menos que especificado de outro modo, o cobrimento mínimo não deverá ser inferior a 4,0 cm.

Nas juntas de construção, onde as barras podem permanecer expostas durante um longo período, as mesmas deverão ser protegidas contra corrosão.

3.13.5 Emendas nas Barras da Armadura

As emendas deverão ser executadas, rigorosamente, como indicado nos desenhos de projeto.

Não serão permitidas emendas por solda no local de colocação das barras.

Toda a solda estará conforme a Norma AWS 1.12.1 "*Recommended Practices for Welding Reinforcing Steel Metal Inserts and Connections in Reinforced Concrete Construction*".

As emendas por solda, caso existam, deverão suportar no mínimo 125% da tensão de escoamento das barras quando ensaiadas à tração. Qualquer outro tipo de emenda deverá igualar em resistência a uma emenda por caldeamento. Emendas tipo Cadweld, ou equivalente, deverão ser executadas de acordo com as instruções do fabricante.

O concreto não poderá ser lançado antes que a FISCALIZAÇÃO tenha inspecionado e aprovado a colocação da armadura.

4.0 DEFENSAS METÁLICAS

As defensas metálicas, dispositivos de proteção lateral nas rodovias, deverão ser executadas de acordo com as prescrições da NBR 6971.

O guarda-corpo deve ser fixado sempre em concreto armado.

1.1 MATERIAIS

Todos os materiais a serem utilizados deverão ter certificados de testes de qualidade emitidos na sua origem ou relatórios de ensaios executados pelo Fabricante, conforme normas ABNT e ASTM. A FISCALIZAÇÃO, quando julgar necessário, poderá solicitar ao Fabricante novos testes para comprovação de qualidade, o qual, providenciará as amostras e os respectivos ensaios.

1.2 TRANSPORTE, RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS

Todo o material pronto para ser embarcado deverá ser devidamente acondicionado. Todas as peças pertencentes a um mesmo tipo de estrutura deverão ser acondicionadas em volumes com a mesma identificação.

As embalagens, caixas e volumes deverão ser marcados claramente, indicando-se o tipo da estrutura, conteúdo e quantidade, de tal forma que no recebimento possam ser facilmente conferidos.

O transporte deve ser adequado e seguro de todos os materiais, evitando danos durante a carga, transporte e descarga. O material enviado à obra deve ser acompanhado do pessoal e equipamento necessário à descarga.

Materiais devem ser estocados na obra sobre estrados de madeira e protegidos contra intempéries e sujeira.

1.3 PROTEÇÃO PASSIVA

Todas as peças de aço estrutural deverão ser submetidas à proteção contra corrosão. O tipo de proteção (pintura e/ou galvanização) será definido e aprovado pela FISCALIZAÇÃO conforme sua importância operacional e agressividade ambiente a que está localizado.

A CONTRADADA, juntamente com a FISCALIZAÇÃO deverá certificar-se quanto à compatibilidade entre a tinta de fundo e a de acabamento. Os Fabricantes das tintas e demais materiais deverão fornecer instruções de uso e especificações completas dos mesmos para que não haja aplicações incorretas de suas tintas.

Qualquer superfície a ser pintada deverá ser completamente limpa de toda sujeira, pó, graxa, óleo, oxidação ou qualquer outra substância prejudicial, antes da aplicação da tinta. Deverão ser utilizados produtos e sistemas de limpeza não prejudiciais à superfície, ao sistema de

pintura e ao meio ambiente.

A FISCALIZAÇÃO deverá verificar se as superfícies pintadas se apresentam com aspecto uniforme e livre de defeitos, tais como poros, bolhas, escorrimentos e outros. Áreas críticas como cantos, arestas, fendas, rebites, parafusos, porcas e cordões de solda deverão ser rigorosamente inspecionados. Verificar se juntas ou fendas foram devidamente preenchidas com a massa de vedação compatível com as tintas aplicadas.

5.0 GRADES METÁLICAS – ACESSOS ÀS BERMAS

Para garantir o acesso às bermas e crista da Barragem BR EL. 1210m pela margem esquerda, foi previsto, no trecho sobre o canal de ombreira esquerda, a instalação de grade metálica a ser posicionada na parede do canal. Estas grades metálicas foram dimensionadas para acesso de veículos leves - classe II (NBR 6120:2017).

Caberá à CONTRATADA o fornecimento da grade metálica, conforme dimensões e características definidas em projeto e instalação da mesma sobre o canal de ombreira esquerda.

A mesma poderá ser obtida em módulos prontos, padrão SELMEC ou similar.

A malha e espessura deverá ser dimensionada para cargas de veículos leves – classe II (NBR 6120:2017).

6.0 CANAL DE LAMAS

Para a Especificação Técnica Estrutural do canal de lamas, consultar o documento DF19-263-1-CV-ETC-0002.

7.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO		
Razão social: **CNPJ:**	DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA 07.214.006/0001-00	http: www.dfmais.eng.br
Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.eng.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001		

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação
Iara Couto	IC	Estrutural	Revisão do Documento
Gabriela Leite	GL	Estrutural	Dimensionamento Estrutural/Elaboração do Documento



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR**

PROJETO DETALHADO **BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL - CANAL DE LAMAS** **MEMÓRIA DE CÁLCULO**	Nº MOSAIC **-**	PÁGINA **1/39**
	Nº DF+ **DF19-263-1-CV-MEC-0002**	REV. **0**

REVISÕES

TE: TIPO EMISSÃO — A - PRELIMINAR; B - PARA APROVAÇÃO; C - PARA CONHECIMENTO; D - PARA COTAÇÃO; E - PARA CONSTRUÇÃO; F - CONFORME COMPRADO; G - CONFORME CONSTRUÍDO; H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	EMISSÃO INICIAL	GL	IC	TO	MC	11/09/20
0	C	APROVADO	GL	IC	TO	MC	20/10/20

SUMÁRIO

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	NORMAS TÉCNICAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
3.0	SOFTWARES UTILIZADOS	3
4.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
5.0	PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS	5
6.0	DIMENSIONAMENTO TRANSIÇÃO	8
7.0	DIMENSIONAMENTO DO CANAL	18
8.0	ANÁLISE DE FLUTUAÇÃO PARA O CANAL	30
9.0	EQUIPE TÉCNICA	39

1.0 INTRODUÇÃO

O presente memorial descritivo de cálculo tem por finalidade apresentar as diretrizes, as análises estruturais e os dimensionamentos propriamente ditos de uma estrutura moldada in loco, em concreto armado convencional, inerente ao Canal de Lamas, de propriedade da Mosaic, além de estar em conformidade com todas as descrições normativas vigentes nacionais e internacionais.

2.0 NORMAS TÉCNICAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As normas aplicáveis à estrutura vigentes no ano de 2018:

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto;
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 8681:2003 – Ações e Seguranças nas Estruturas
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 6122:2010 – Projeto e Execução de Fundações
- Rodrigues, P.P.F.; Cassaro, F.R. – Pisos Industriais de Concreto Armado – São Paulo, IBTS, 2002. 2ed;

3.0 SOFTWARES UTILIZADOS

Para o dimensionamento da estrutura, foram utilizados os seguintes programas:

- Ftool
- Planilhas internas em Excel

4.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Número do Documento	Descrição
DF19-263-1-EG-DWG-0074	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Arranjo Geral - Planta
DF19-263-1-EG-DWG-0075	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 01/11
DF19-263-1-EG-DWG-0076	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 02/11
DF19-263-1-EG-DWG-0077	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 03/11
DF19-263-1-EG-DWG-0078	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 04/11
DF19-263-1-EG-DWG-0079	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 05/11
DF19-263-1-EG-DWG-0080	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 06/11
DF19-263-1-EG-DWG-0081	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 07/11
DF19-263-1-EG-DWG-0082	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 08/11
DF19-263-1-EG-DWG-0083	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 09/11
DF19-263-1-EG-DWG-0084	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 10/11
DF19-263-1-EG-DWG-0085	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Planta, Perfil e Seção Típica - FL. 11/11
DF19-263-1-EG-DWG-0086	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Seções Transversais - FL. 01/04
DF19-263-1-EG-DWG-0087	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Seções Transversais - FL. 02/04
DF19-263-1-EG-DWG-0088	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Seções Transversais - FL. 03/04
DF19-263-1-EG-DWG-0089	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Canal de Lamas - Seções Transversais - FL. 04/04

5.0 PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS

5.1 PARÂMETROS GERAIS

- Peso específico do sedimento interno à estrutura da drenagem.....1,1 tf/m^3
- Peso específico do concreto.....2,5 tf/m^3
- Resistência Característica do concreto.....fck = 40 MPa
- Resistência Característica do concreto magro.....fck = 10 MPa
- Módulo de Elasticidade.....Ecs = 32 GPa
- Tensão Característica do aço.....fyk = 500 MPa
- Classe de Agressividade.....Classe III
- Cobrimento mínimo da armação.....4,0 cm

5.2 PARÂMETROS DO SOLO

Os parâmetros do solo adotados para dimensionamento foram:

5.2.1 Fundação

- Peso específico saturado: 1,7 tf/m^3
- Ângulo de atrito do solo: 30º
- Coesão: 15KPa
- Coeficiente de empuxo ativo:

$$\kappa_a = \mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = \mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{30^0}{2}\right) = 0{,}333$$

$$\kappa_a = \cos^2(\varphi) = \cos^2(30°) = 0{,}750$$

5.2.2 Aterro

- Peso específico saturado: 1,9 tf/m^3
- Ângulo de atrito do solo: 30º

- Coesão: 10KPa
- Coeficiente de empuxo ativo:

$$\kappa_a = \mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = \mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{30^0}{2}\right) = 0{,}333$$

$$\kappa_a = \cos^2(\varphi) = \cos^2(30°) = 0{,}750$$

5.2.3 Sedimento – Rejeito de Lama

- Peso específico saturado: 1,1 tf/m3

5.3 COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DE AÇÕES E RESISTÊNCIA DOS MATERAIS

Abaixo os coeficientes de ponderação utilizados no dimensionamento estrutural, conforme ilustrado nas tabelas 11.1 e 12.1 da NBR6118.

- Coeficiente de majoração das ações permanentes: $\gamma_{f,g} = 1{,}4$
- Coeficiente de majoração das ações variáveis: $\gamma_{f,q} = 1{,}4$
- Coeficiente de minoração da resistência do concreto: $\gamma_c = 1{,}4$
- Coeficiente de minoração da resistência do aço: $\gamma_s = 1{,}15$

5.4 ESTADO LIMITE ÚLTIMO E ESTADO LIMITE DE SERVIÇO

As estruturas são dimensionadas para o Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço, considerando as ações atuantes:

- peso próprio;
- empuxos laterais produzidos pelo solo;
- pressões de sedimento de dentro para fora e de fora para dentro do canal (caso existam);
- empuxos laterais produzidos por sobrecargas na superfície;
- empuxos laterais produzidos por equipamento de compactação durante a execução do aterro;

Para as verificações é feita a determinação das situações críticas e são realizadas análises para duas hipóteses de carregamento, considerando os coeficientes de ponderação.

5.4.1 Estado Limite de Último (ELU)

- Carregamento simétrico com pressão lateral máxima de fora para dentro, considerando as pressões laterais do solo, de sobrecargas, quando for o caso, e, se não existir sistema de drenagem, o efeito de água no solo; o coeficiente de empuxo é o ativo.

- Carregamento simétrico com pressão lateral máxima de dentro para fora, considerando as pressões de sedimento de dentro para fora e desconsiderando as pressões laterais do solo.

Com estas duas combinações podem-se determinar os máximos e mínimos esforços solicitantes na estrutura.

5.4.2 Estado Limite de Serviço (ELS)

A verificação do ELS é feita para o Estado para a combinação frequente das ações (ações que se repetem muitas vezes durante o período de vida da estrutura), considerando que o controle de fissuração é imprescindível por razoes de estanqueidade da estrutura. Esta verificação é feita após a escolha das armações.

5.5 COMBINAÇÃO DE AÇÕES

Um carregamento é definido pela combinação das ações que têm probabilidades não desprezíveis de atuarem simultaneamente sobre a estrutura, durante um período pré-estabelecido.

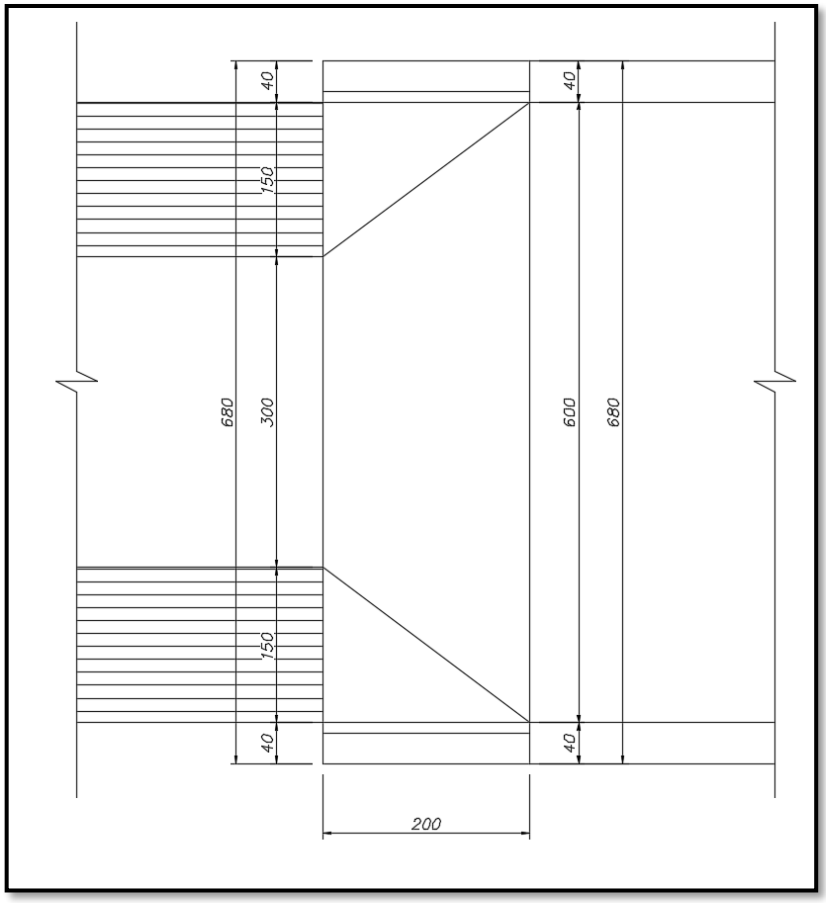
- Combinações últimas normais: Em cada combinação devem estar incluídas as ações permanentes e as ações variáveis, com seus valores característicos majorados conforme coeficientes de ponderação (Item 5.3).

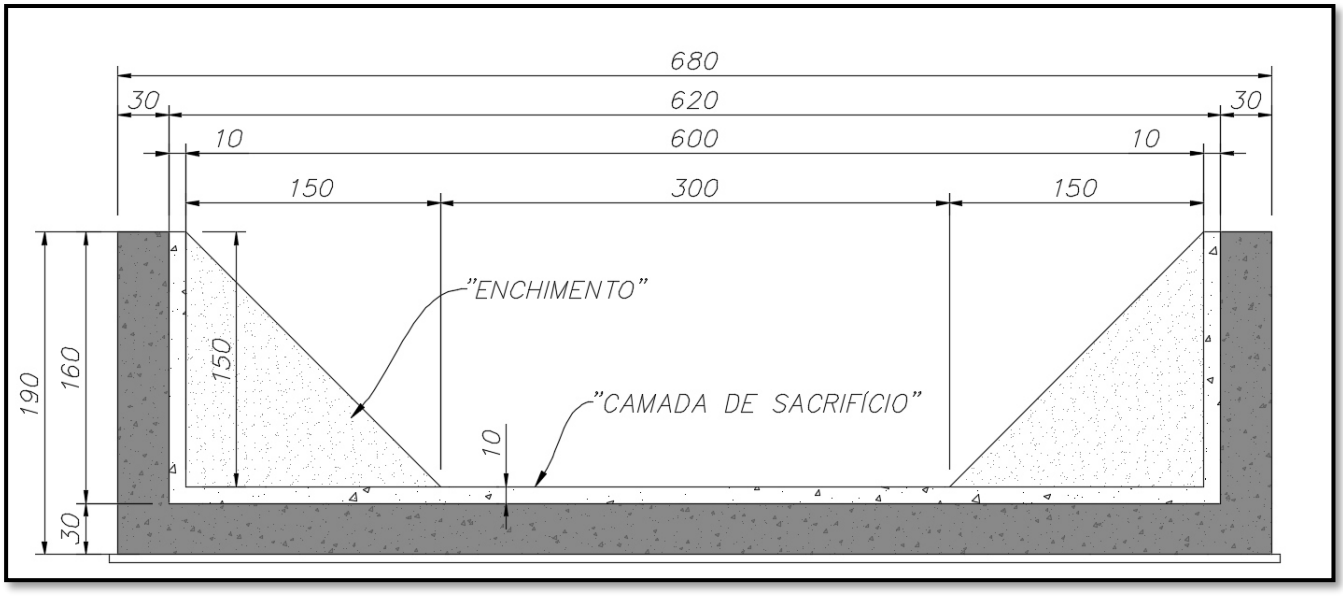
$$Fd = (\gamma_{f,g} \times F_{gk}) + \Sigma (\gamma_{f,q} \times F_{qk})$$

- Combinações Frequentes de serviço: Nas combinações frequentes de serviço, são adotadas as ações permanentes com seus valores característicos, as ações variáveis com seus valores característicos multiplicado por seus coeficientes de ponderação. O coeficiente de ponderação das ações para estados limites de serviço é considerado como $\gamma_f = 1{,}0$ e não é considerada a minoração das cargas para combinação frequente.

$$Fd = (F_{gk}) + \Sigma (\gamma_f \times F_{qk})$$

6.0 DIMENSIONAMENTO TRANSIÇÃO



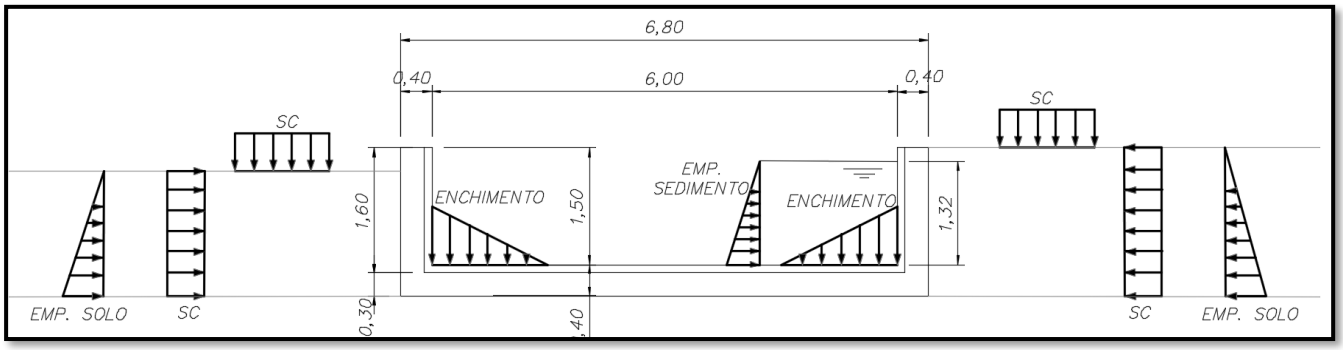


6.1 CARREGAMENTO

Sobrecarga de 0,5 tf/m²

Empuxo do solo

Empuxo de sedimentos



Empuxo do Solo Direita = γ x h x Ka = 1,9 x 1,75 x 0,750 = 2,494 tf/m²
Sobrecarga Direita = sc x Ka = 0,5 x 0,750 = 0,375 tf/m²

Empuxo do Solo Esquerda= γ x h x Ka = 1,9 x 1,75 x 0,333 = 1,108 tf/m²
Sobrecarga Esquerda = sc x Ka = 0,5 x 0,333 = 0,167 tf/m²

Empuxo de Sedimento = γ x h = 1,1 x 1,32 = 1,452 tf/m²

Peso próprio das paredes = 2,5 x 0,40 x 1,60 = 1,60 tf/m
Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,40 = 1,00 tf/m²
Enchimento = γ x h = 2,4 x 1,50 = 3,60 tf/m² (Variável de 3,60 a 0)

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de$k_r = 15MPa/m$.
Para a distância entre nós de 50 cm temos:

$$1500\ tf/m^3 \text{ x } 0{,}50m\ x\ 1{,}0m = 750\ tf/m$$

Para a determinação da capacidade horizontal de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada no livro Geotecnia de Fundações, pelo Prof. M. Marangon, ilustrada abaixo.

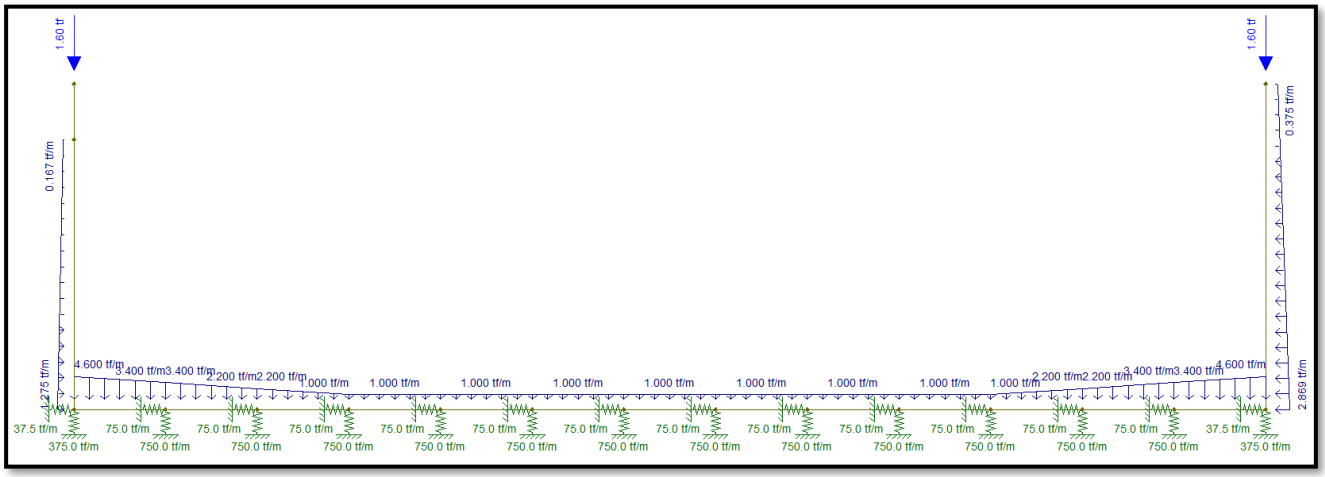
Solo	Coeficiente de Poisson (ν)
Argila saturada	0,4-0,5
Argila não-saturada	0,1-0,3
Argila arenosa	0,2-0,3
Silte	0,3-0,35
Areia compacta	0,2-0,4
Areia grossa (e = 0,4 a 0,7)	0,15
Areia fina (e = 0,4 a 0,7)	0,25
Rocha (depende do tipo)	0,1-0,4
Concreto	0,15
Gelo	0,36

Foi adotado o coeficiente de 0,1 a favor da segurança. Desta maneira:

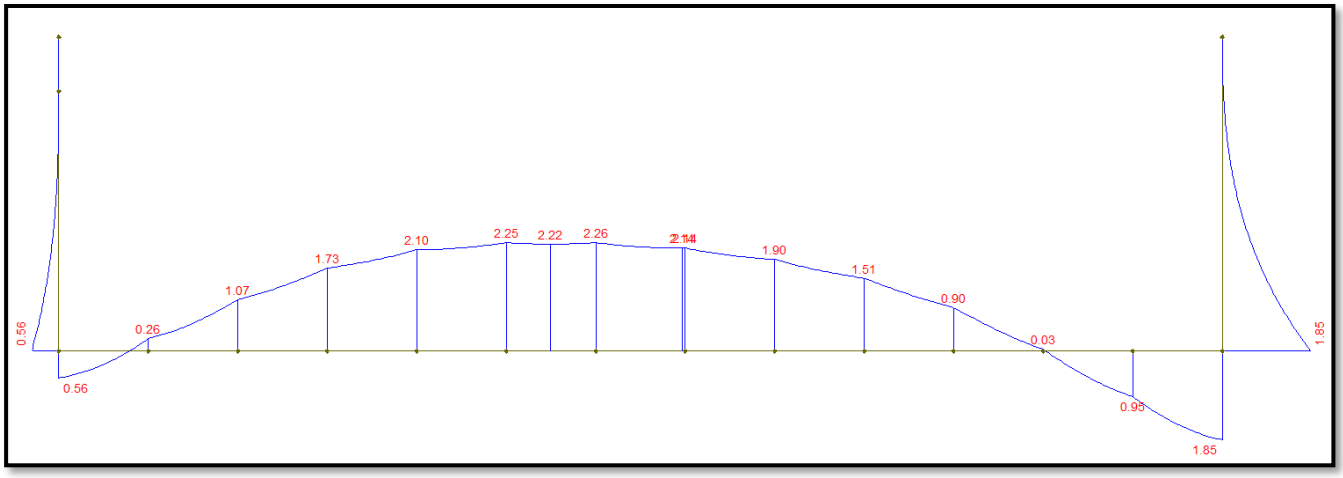
$$k_h = 750\ tf/m\ x\ 0{,}1 = 75\ tf/m$$

6.2 DIMENSIONAMENTO DO CANAL VAZIO

6.2.1 Esforços



6.2.2 Diagrama de Momento Fletor



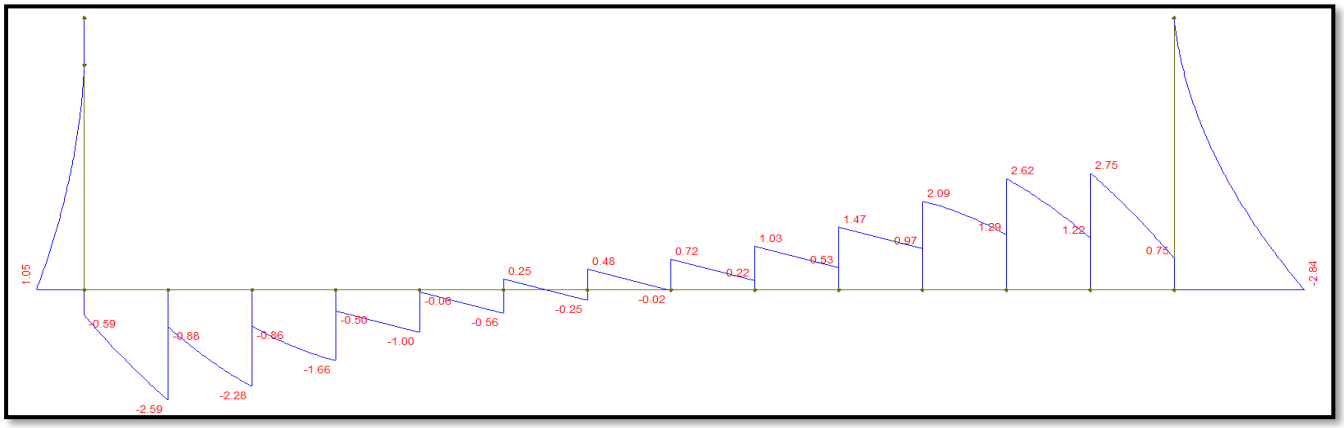
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 15 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

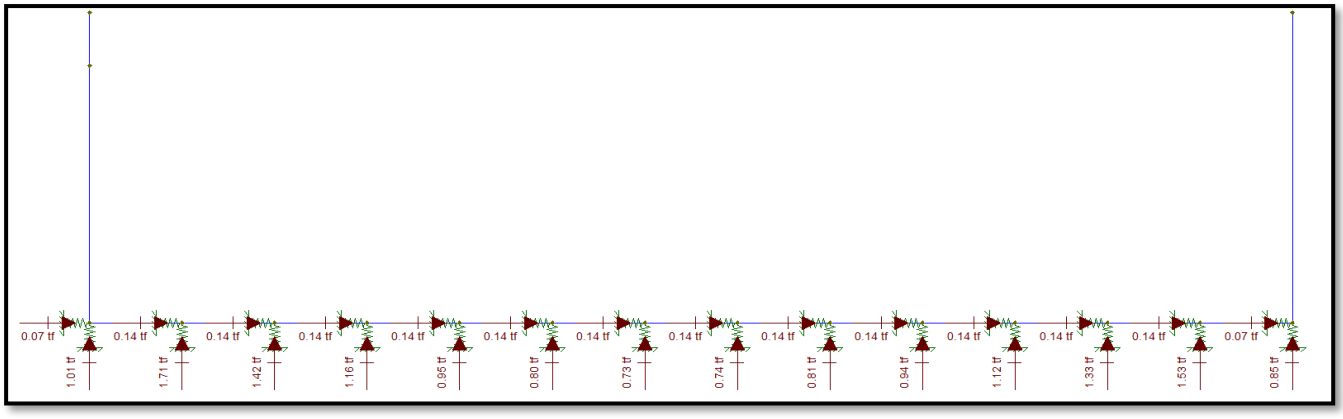
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	25	1850	50	0,00	2,41	4,50	0,044	10	17,5	ø 10,0 c/ 15,0

6.2.3 Diagrama de Esforço Cortante



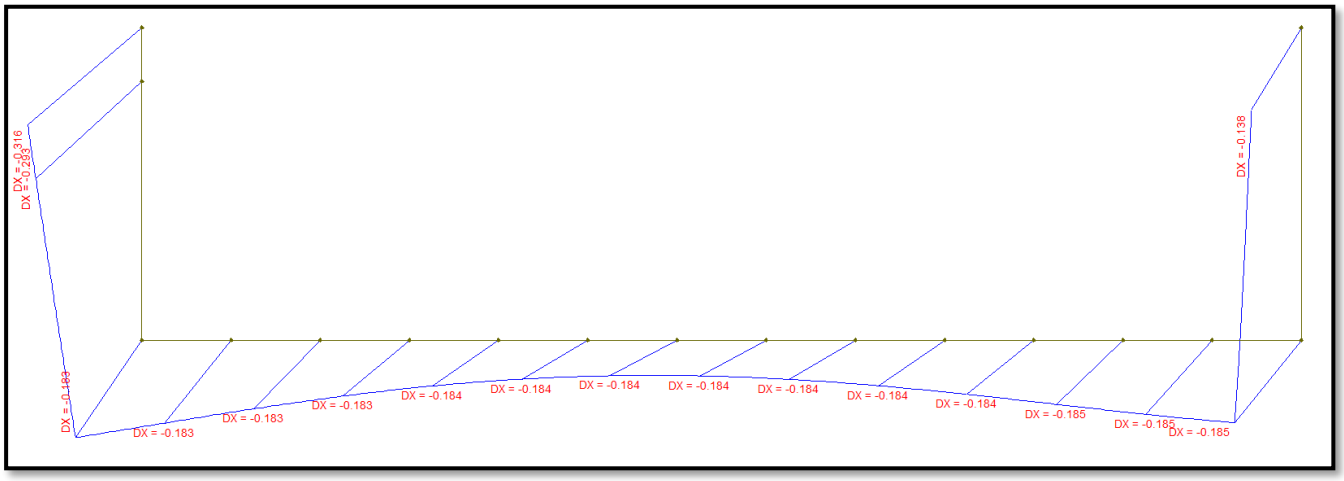
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAL DE LAMAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		28,4	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,300	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,250	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		389	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	146,63	kN
V_d	$V * \gamma_f$	39,76	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

6.2.4 Reações

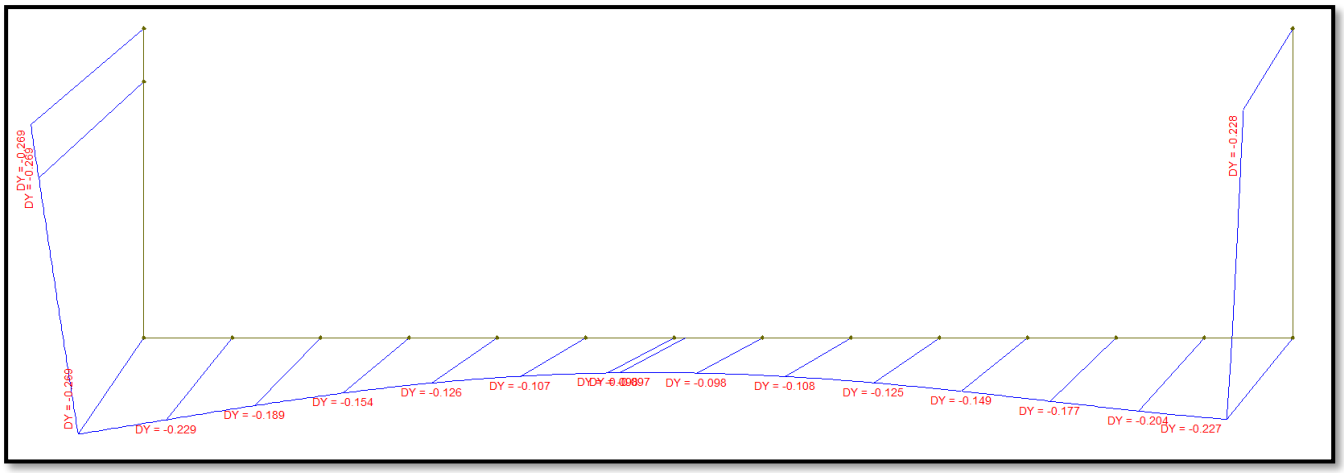


Reação máxima = 1710 kgf
Tensão máxima = 1710 / (50 x 100) = 0,342 kgf/cm²
Somatorio Reações Horizontais = 1,82 tf < $F_A = \mu \, x \, N$ = 0,3 x 15,4 = 4,62 tf - OK !

6.2.5 Deformações



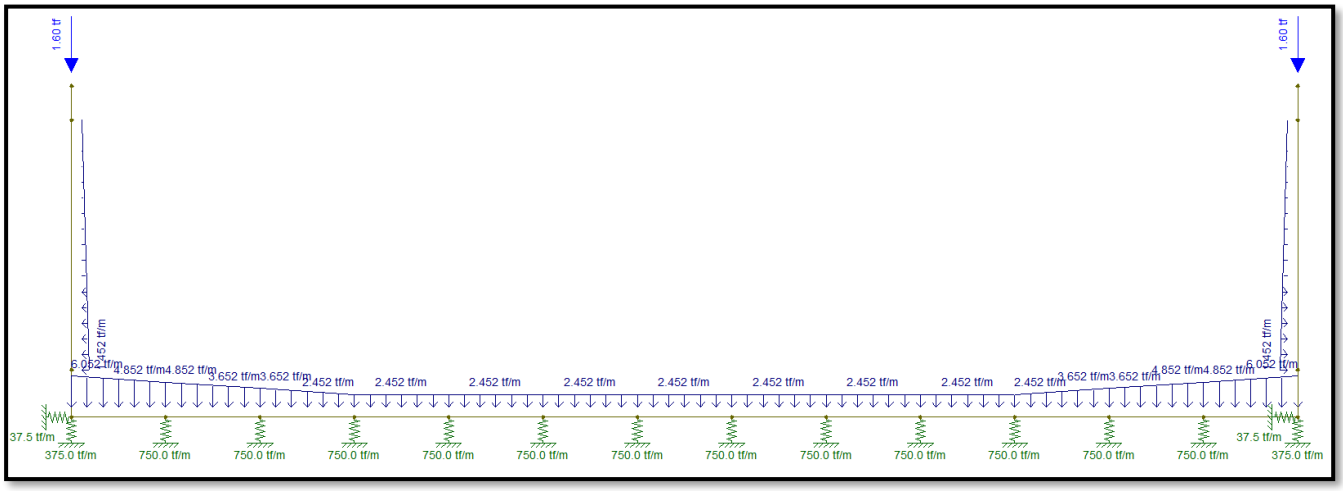
Deformação máxima horizontal = 0,316 cm
Deformação horizontal limite = 175/150 = 1,17 cm



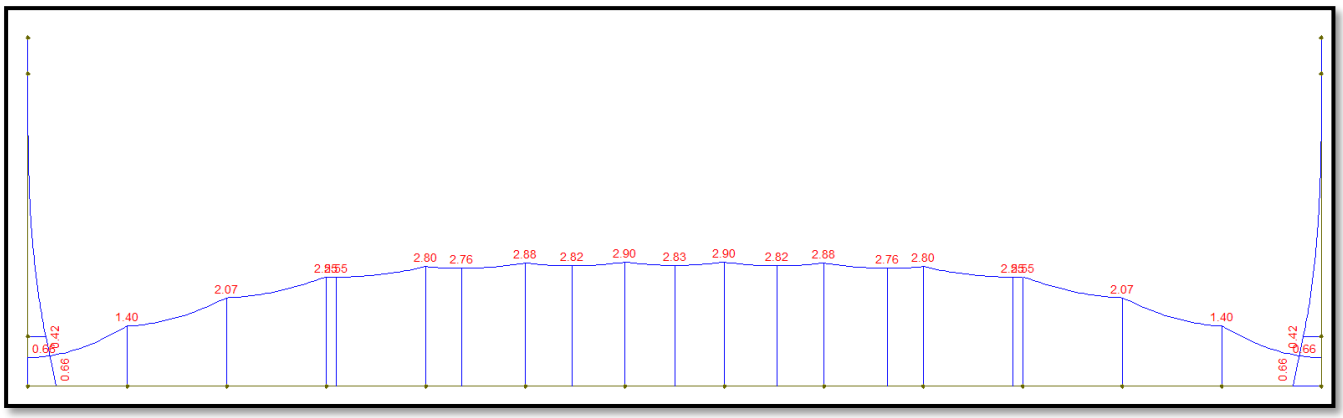
Deformação máxima vertical = 0,269 cm

6.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

6.3.1 Esforços



6.3.2 Diagrama de Momento Fletor



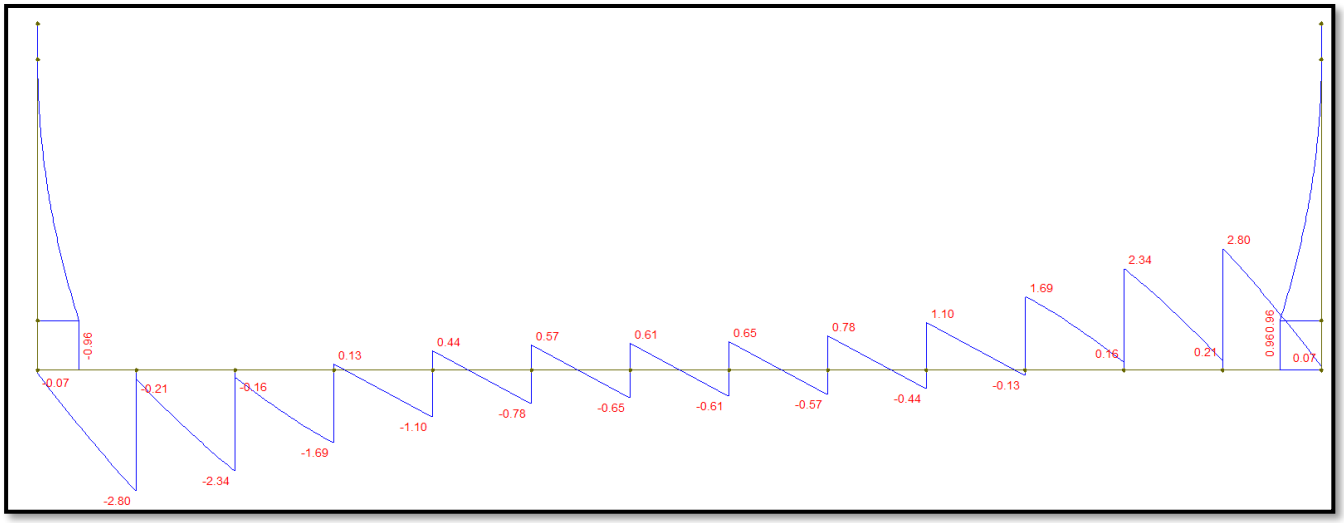
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 15 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

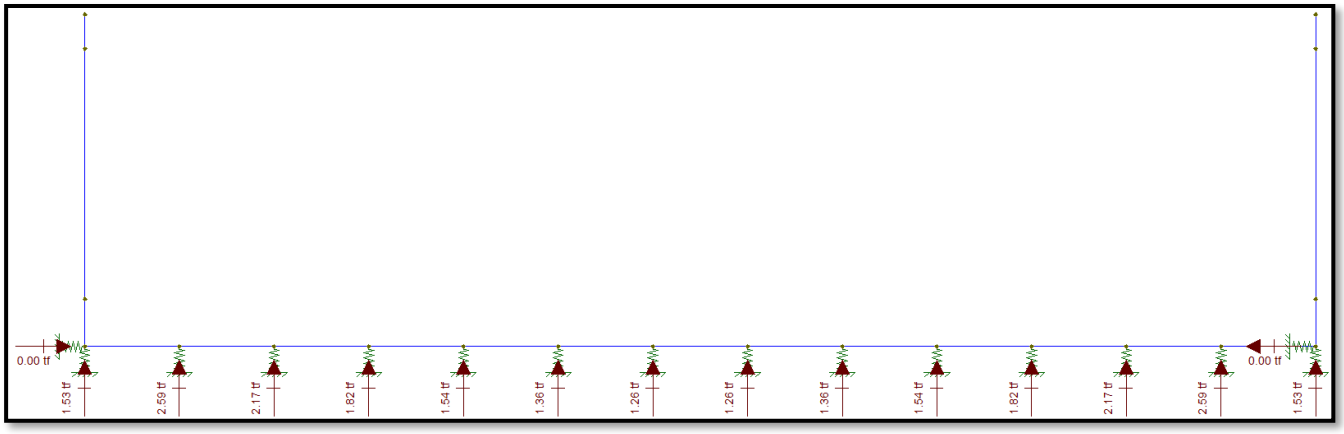
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	25	2900	50	0,00	3,80	4,50	0,110	10	17,5	ø 10,0 c/ 15,0

6.3.3 Diagrama de Esforço Cortante



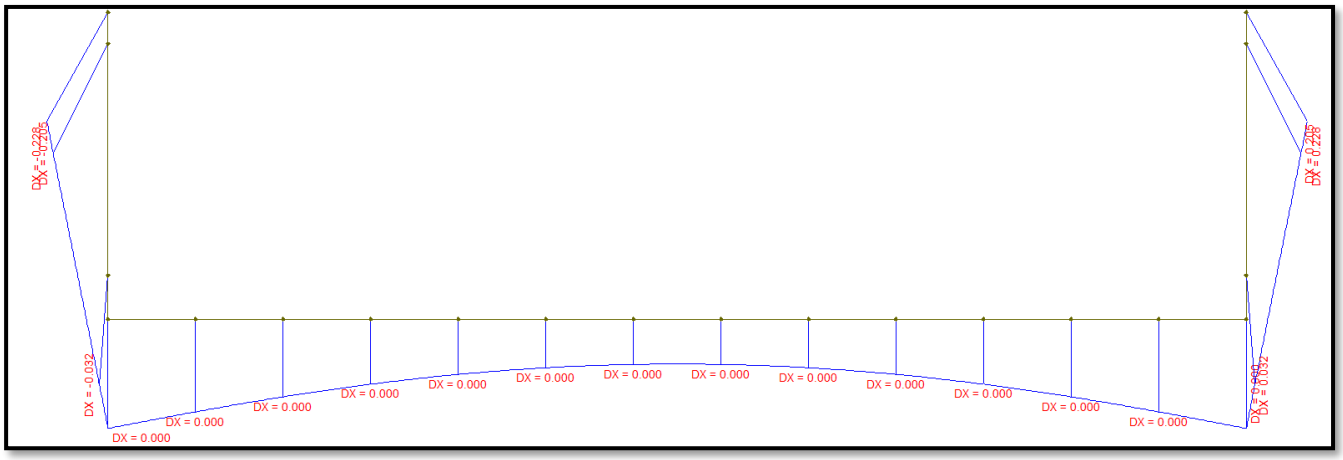
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAL DE LAMAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		28,0	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,300	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,250	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		389	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	146,63	kN
V_d	$V * \gamma_f$	39,20	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

6.3.4 Reações

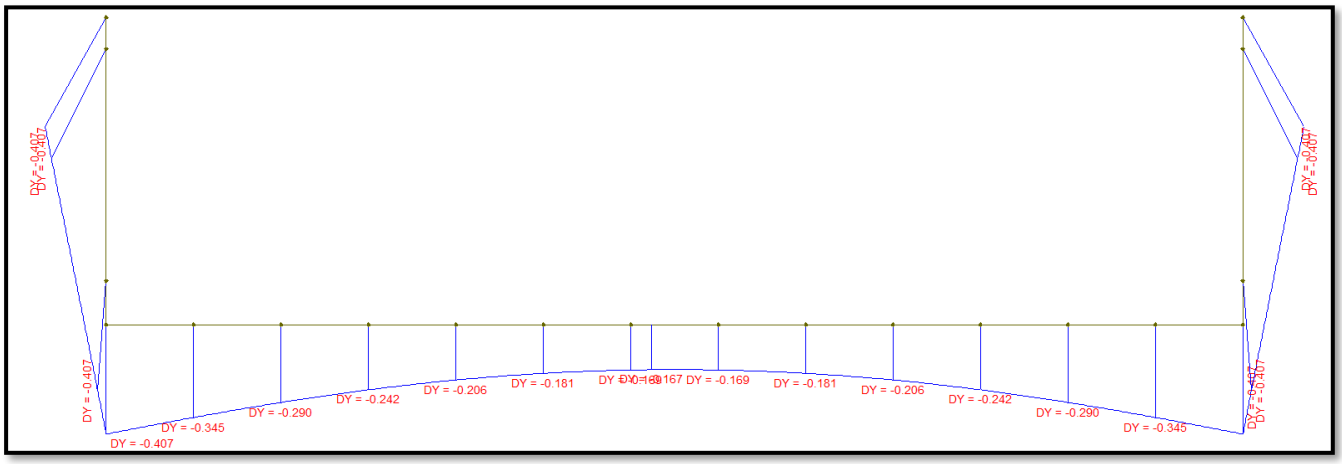


Reação máxima = 2590 kgf
Tensão máxima = 2590 / (50 x 100) = 0,518 kgf/cm²

6.3.5 Deformações



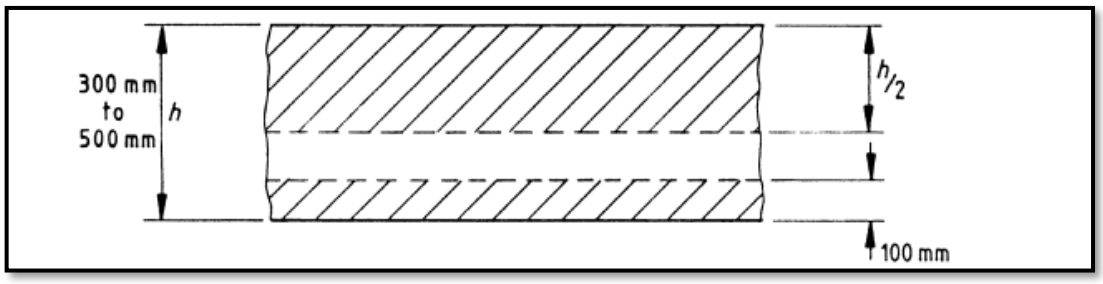
Deformação máxima horizontal = 0,228 cm
Deformação horizontal limite = 175/150 = 1,17 cm



Deformação máxima vertical = 0,407 cm

6.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm≤ h ≤ 50cm →hsup=h/2 e hinf=10cm – Conforme BS 8007:1987 (*Design of concrete structures for retaining aqueous liquids*)



Para h = 30cm → hsup = 30/2 = 15cm e hinf = 10cm

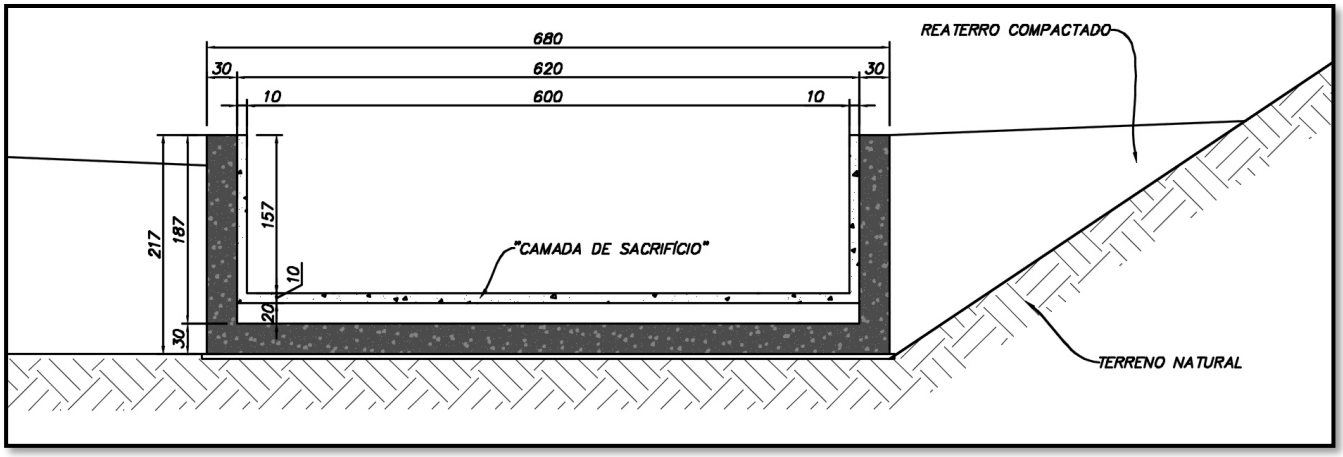
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
A_s = 0,8 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (15 cm x 100 cm) / 3600 kgf/cm² =
A_s = 8 cm² - ø 10 c/9

6.5 RESUMO

Parede e fundo com espessura de 30 cm
Armação transversal externa e interna das paredes e lajes= ø 10 c/9
Armação longitudinal das paredes e lajes = ø 10 c/9

7.0 DIMENSIONAMENTO DO CANAL

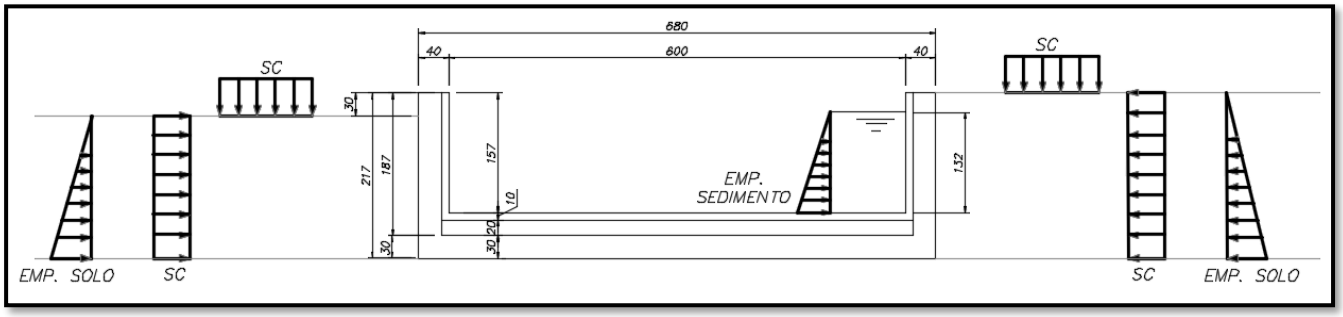


7.1 CARREGAMENTO

Sobrecarga de 0,5 tf/m²

Empuxo do solo

Empuxo de sedimentos



Empuxo do Solo Direita= γ x h x Ka = 1,9 x 2,02 x 0,750 = 2,879 tf/m²
Sobrecarga Direita = sc x Ka = 0,5 x 0,750 = 0,375 tf/m²

Empuxo do Solo Esquerda= γ x h x Ka = 1,9 x 1,72 x 0,333 = 1,088 tf/m²
Sobrecarga Esquerda = sc x Ka = 0,5 x 0,333 = 0,167 tf/m²

Empuxo de Sedimento = γ x h = 1,1 x 1,32 = 1,46 tf/m²

Peso próprio das paredes = 2,5 x 0,40 x 1,87 = 1,87 tf/m
Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,50 = 1,25 tf/m²

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de$k_r = 15MPa/m$.
Para a distância entre nós de 50 cm temos:

$$1500\ tf/m^3 \text{ x } 0{,}50m\ x\ 1{,}0m = 750\ tf/m$$

Para a determinação da capacidade horizontal de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada no livro Geotecnia de Fundações, pelo Prof. M. Marangon, ilustrada abaixo.

Solo	Coeficiente de Poisson (ν)
Argila saturada	0,4-0,5
Argila não-saturada	0,1-0,3
Argila arenosa	0,2-0,3
Silte	0,3-0,35
Areia compacta	0,2-0,4
Areia grossa (e = 0,4 a 0,7)	0,15
Areia fina (e = 0,4 a 0,7)	0,25
Rocha (depende do tipo)	0,1-0,4
Concreto	0,15
Gelo	0,36

Foi adotado o coeficiente de 0,1 a favor da segurança. Desta maneira:

$$k_h = 750\ tf/m\ x\ 0{,}1 = 75\ tf/m$$

7.2 EQUILIBRIO DE TRANSLAÇÃO/DESLIZAMENTO

$F_A = \mu \, x \, N$

Coeficiente de segurança contra escorregamento:

$\varepsilon_1 = \mu \times N / T$
$\varepsilon_1 \geq 1{,}5$

F_A = Força de atrito
μ = Coeficiente de atrito = 0,30 (concreto/solo saturado)
N = Componente normal
T = Componente tangencial

7.2.1 Trecho Liso

N = (1,60tf/m x 2) + (1,00/m² x 6,80m) = 10 tf/m
T = (2,88tf/m² x 1,90m / 2) - (1,09tf/m² x 1,60m / 2) = 1,864 tf/m

$\varepsilon_1 = \mu \times N / T$ = 0,3 x 10 / 1,864 = 1,61

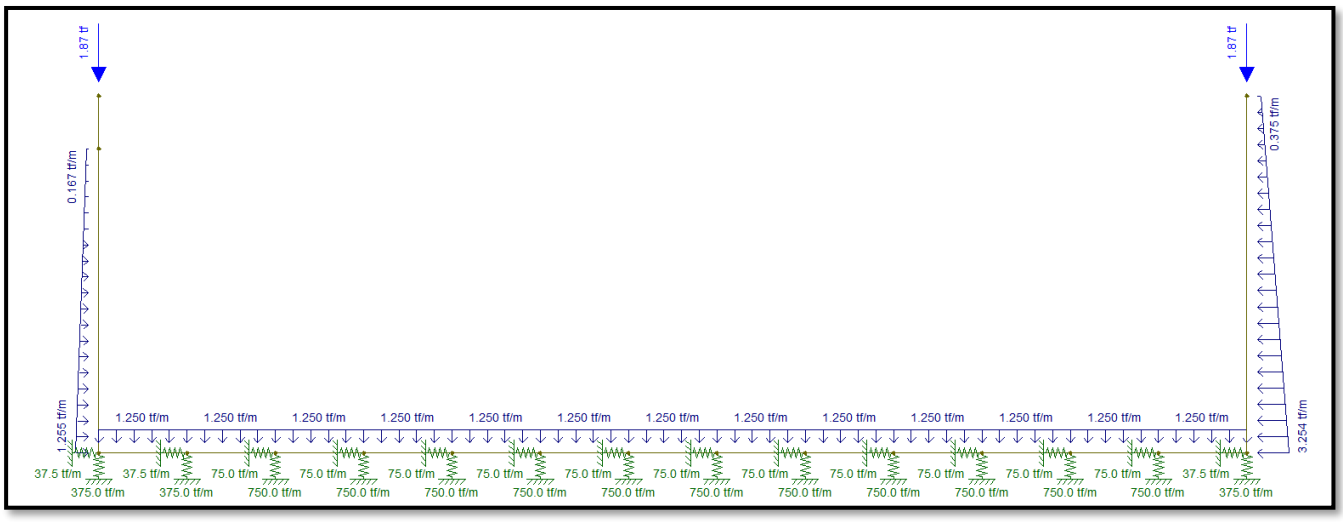
7.2.2 Trecho em degrau

N = (1,870 tf/m x 2) + (1,25 tf/m² x 6,80m) = 12,24 tf/m
T = (2,88tf/m² x 2,17m / 2) - (1,09tf/m² x 1,87m / 2) = 2,11 tf/m

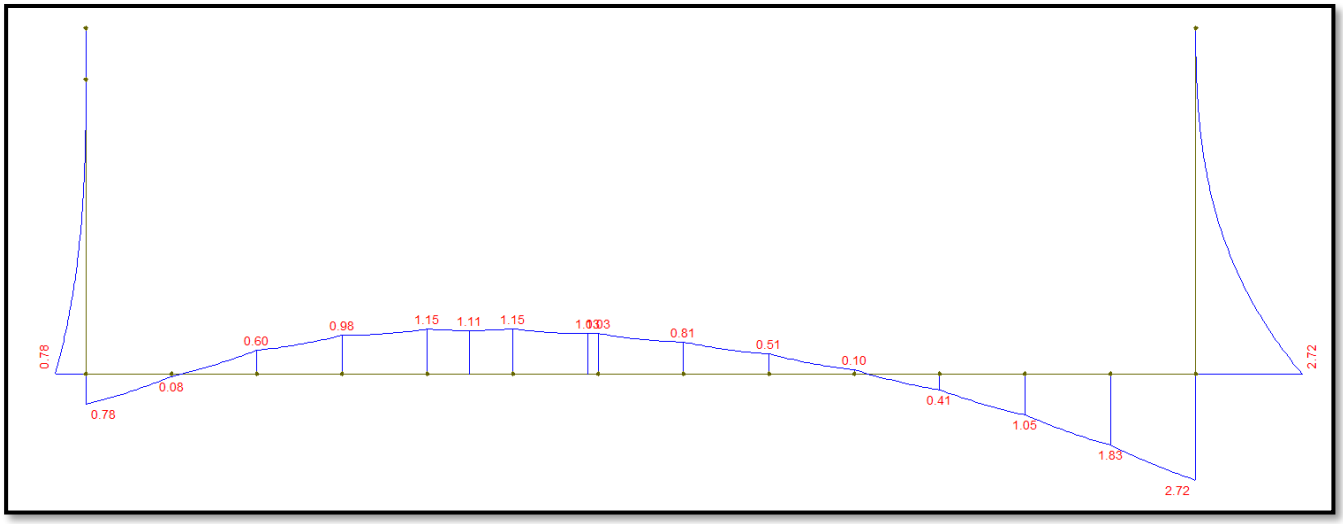
$\varepsilon_1 = \mu \times N / T$ = 0,3 x 12,24 / 2,11 = 1,74

7.3 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

7.3.1 Esforços



7.3.2 Diagrama de Momento Fletor



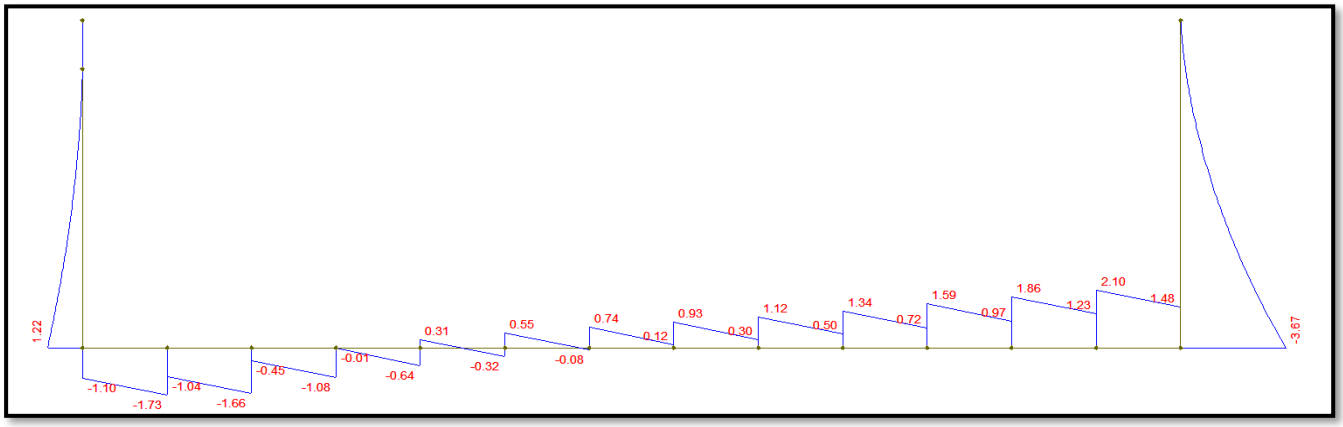
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 15 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

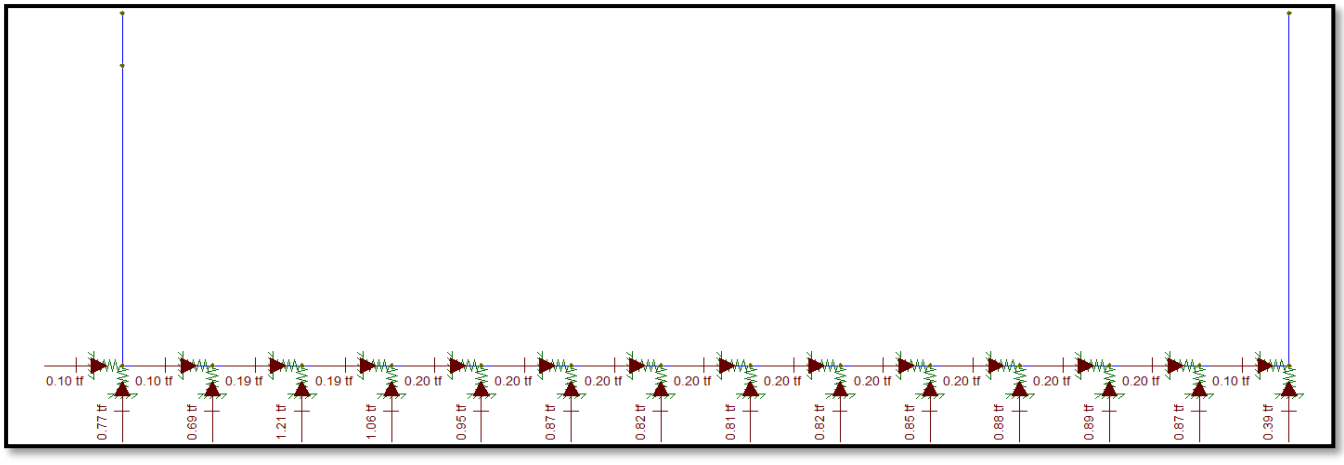
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	25	2720	50	0,00	3,56	4,50	0,097	10	17,5	ø 10,0 c/ 15,0

7.3.3 Diagrama de Esforço Cortante



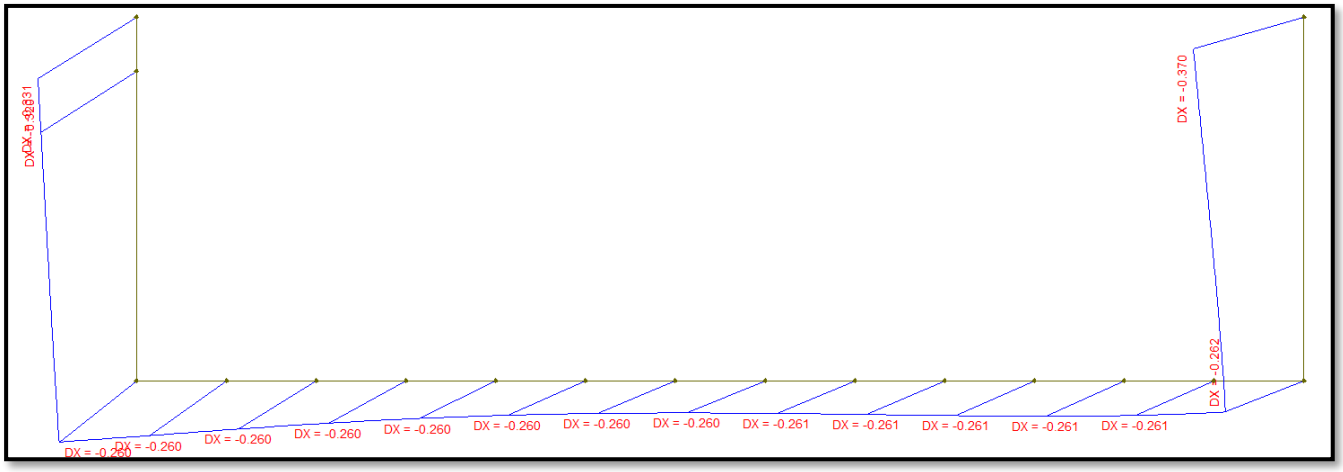
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAL DE LAMAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		36,7	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,300	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,250	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		389	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	146,63	kN
V_d	$V * \gamma_f$	51,38	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

7.3.4 Reações

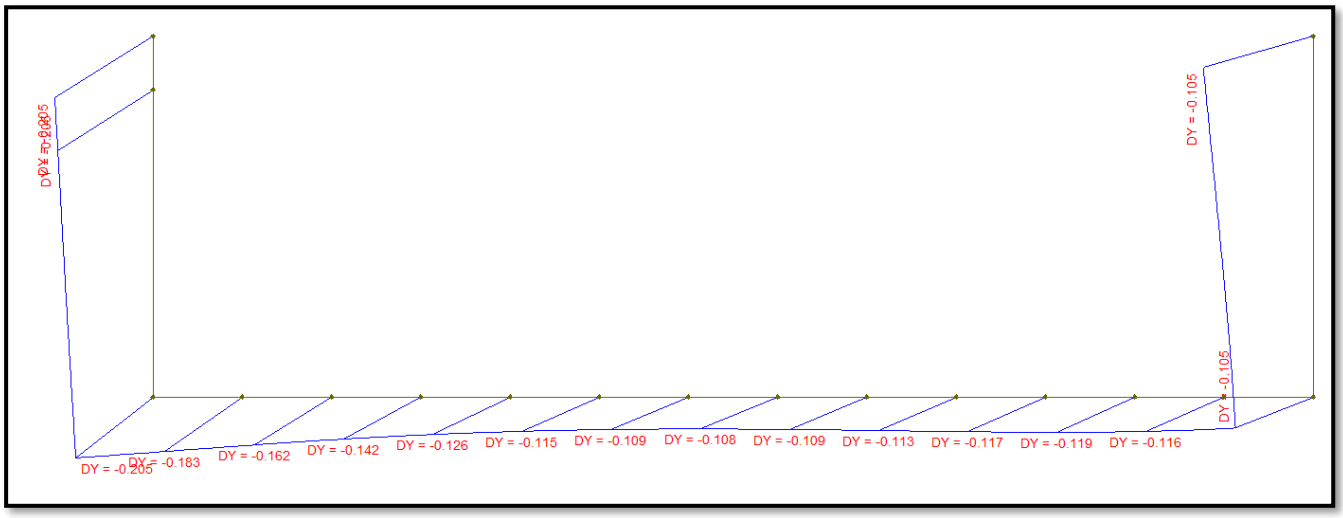


Reação máxima Vertical = 1210 kgf
Tensão máxima = 1210 / (50 x 100) = 0,242 kgf/cm²
Somatorio Reações Horizontais = 2,48 tf < $F_A = \mu \, x \, N$ = 0,3 x 12,24 = 3,672 tf - OK !

7.3.5 Deformações



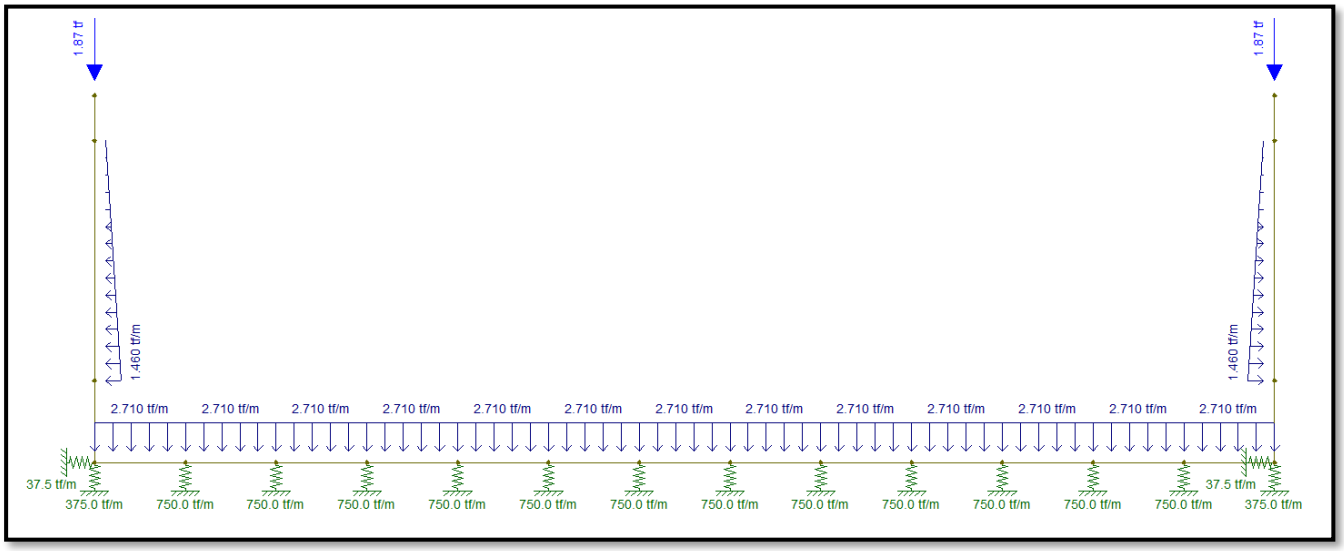
Deformação máxima horizontal = 0,37 cm
Deformação horizontal limite = 202/150 = 1,35 cm



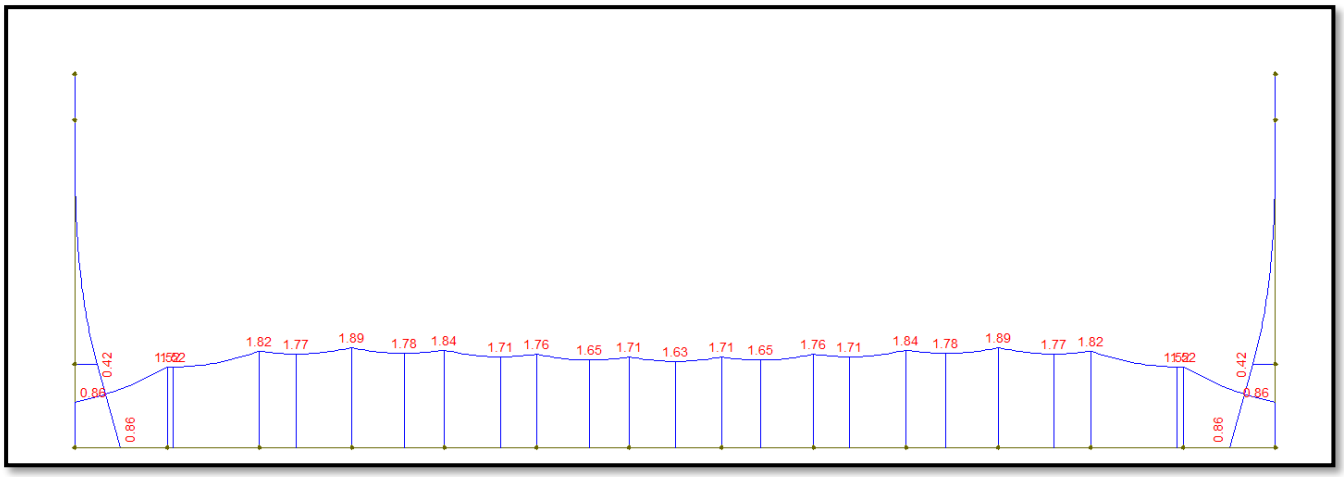
Deformação máxima vertical = 0,205 cm

7.4 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

7.4.1 Esforços



7.4.2 Diagrama de Momento Fletor



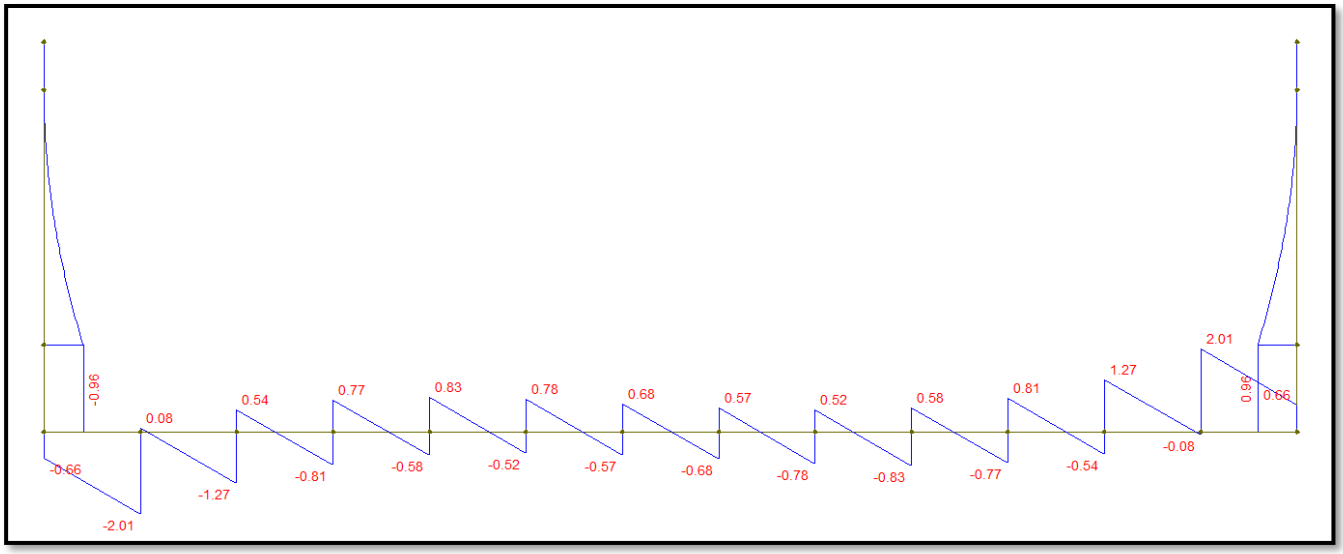
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 15 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

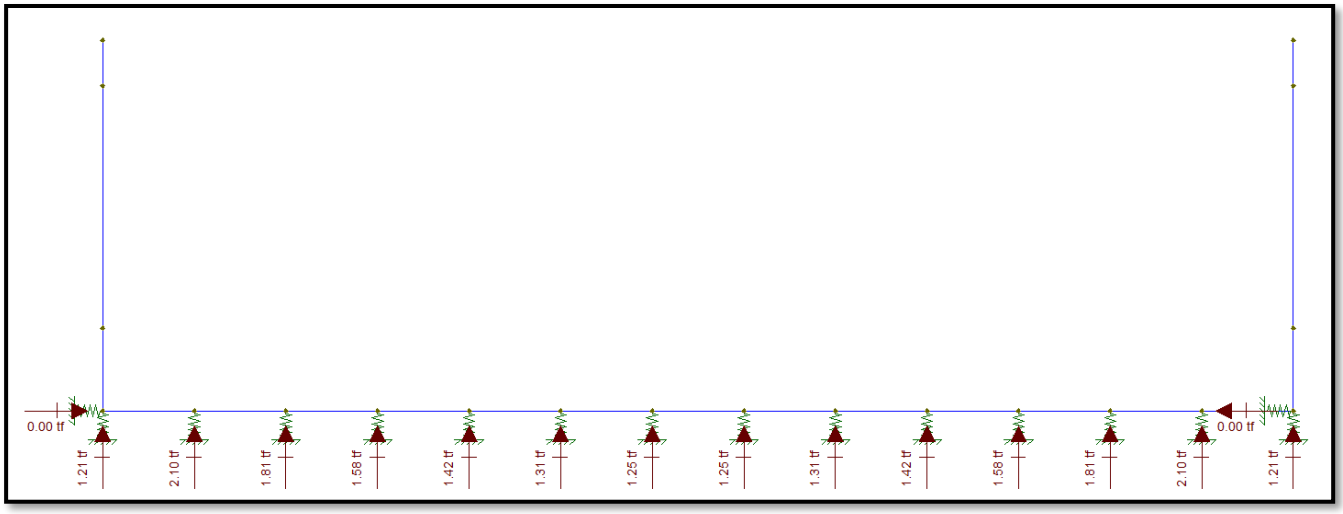
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	25	1890	50	0,00	2,46	4,50	0,046	10	17,5	ø 10,0 c/ 15,0

7.4.3 Diagrama de Esforço Cortante



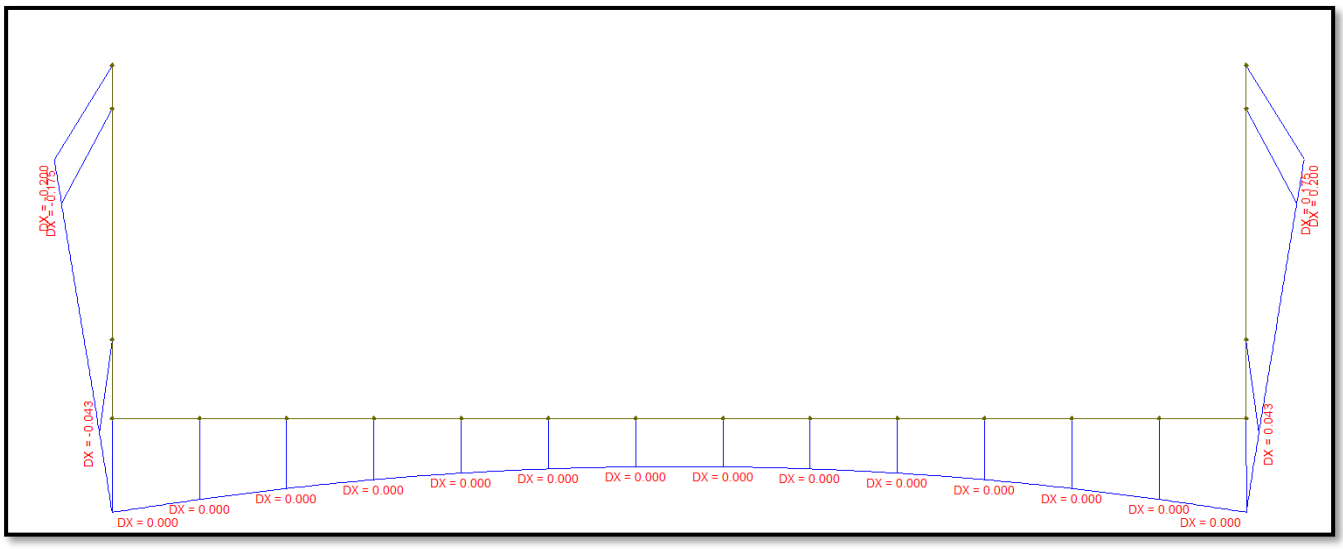
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAL DE LAMAS CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		20,1	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,300	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,250	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		389	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	146,63	kN
V_d	$V * \gamma_f$	28,14	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

7.4.4 Reações

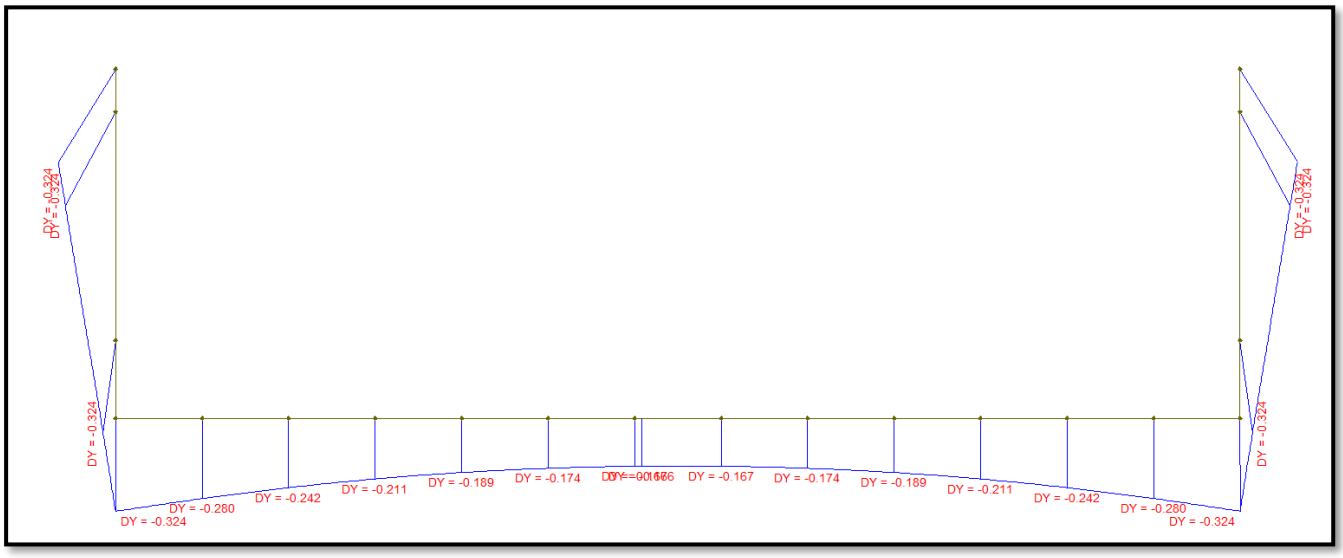


Reação máxima = 2100 kgf
Tensão máxima = 2100 / (50 x 100) = 0,42 kgf/cm²

7.4.5 Deformações



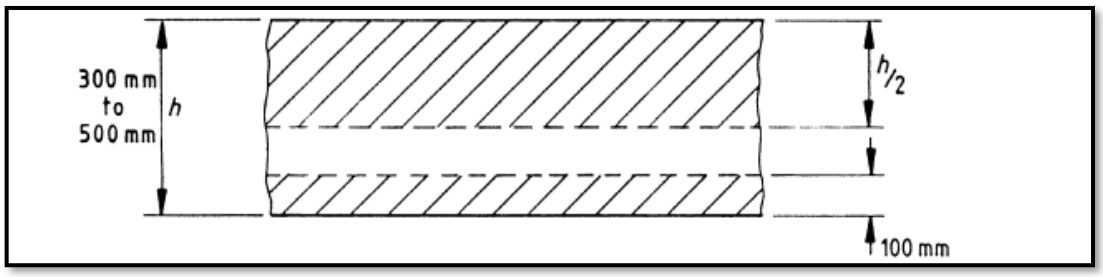
Deformação máxima horizontal = 0,200 cm
Deformação horizontal limite =202/150 = 1,35 cm



Deformação máxima vertical = 0,324 cm

7.5 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm≤ h ≤ 50cm →hsup=h/2 e hinf=10cm – Conforme BS 8007:1987 (*Design of concrete structures for retaining aqueous liquids*)



Para h = 30cm → hsup= 30/2 = 15cm e hinf=10cm

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item17.3.5.2.2:

$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
$A_s = 0,8 \times 0,8 \times 30\ kgf/cm^2 \times (15\ cm \times 100\ cm) / 3600\ kgf/cm^2 =$
$A_s = 8\ cm^2$ - ø 10 c/9

7.6 RESUMO

Parede e fundocom espessura de 30 cm
Armação transversal externa e interna das paredes e lajes= ø 10 c/9
Armação longitudinal das paredes e lajes = ø 10 c/9

7.7 VERIFICAÇÃO DO DESLIZAMENTO AO LONGO DO CANAL

Coesão do solo em contato com a laje de fundo (c): 1,5 ton/m²
Fator de redução da parcela referente à coesão: 0,7
Ângulo de atrito solo x concreto: 20º

$$FS = \frac{F_1 + F_2}{P_2} \geq 1{,}5$$

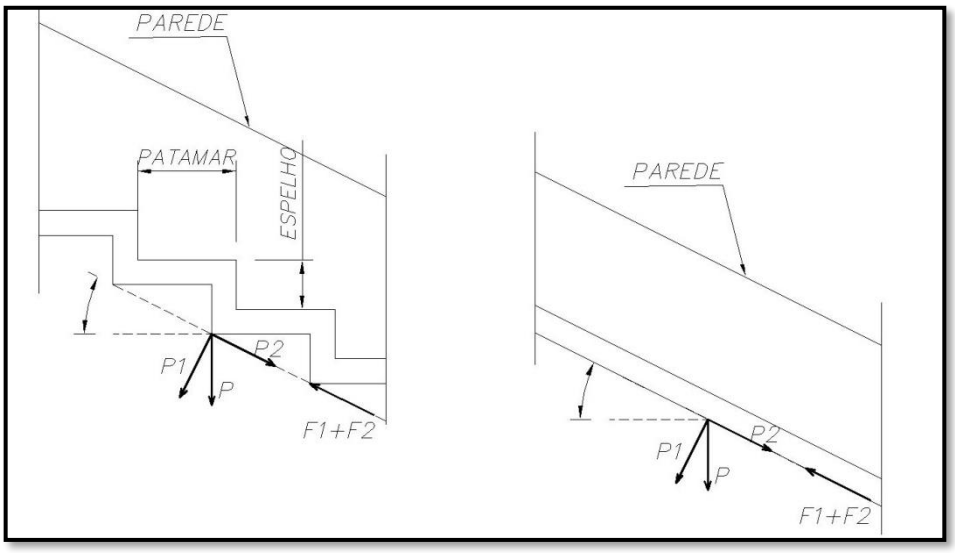
$$FS = \frac{P_1 \; x \; tg(20) + A \; x \; c \; x \; 0{,}7}{P_2} \geq 1{,}5$$

$$F_1 = P_1 \; x \; tg(20)$$

$$F_2 = A \; x \; c \; x \; 0{,}7$$

P = peso próprio
P_1 = carga normal ao plano
P_2 = força de deslizamento
φ = ângulo de atrito interno = 30º
A = área de contato com o solo
c = coesão do solo

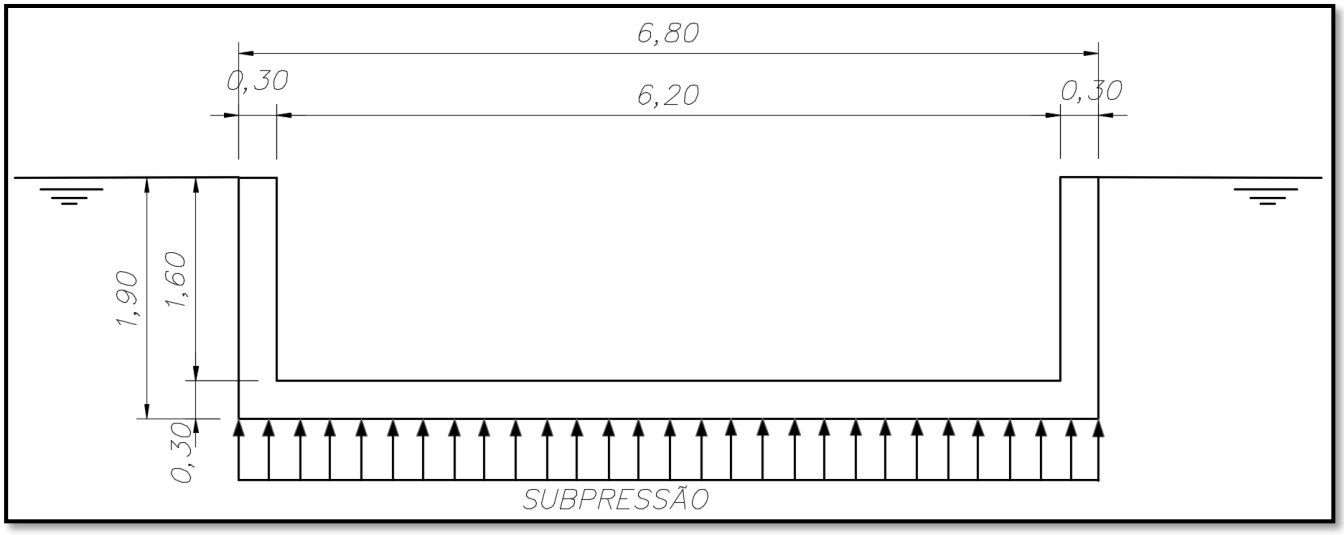
Abaixo está indicado o equilíbrio das forças, bem como cálculo do fator de segurança para o deslizamento. Onde o fator de segurança ficou abaixo de 1,5 adotou-se as vigas de ancoragem.



γ_{conc}=	2,5	ton/m³			
γ_{solo}=	1,7	ton/m³	c=	15	coesão KPa
Kp =	3,00		φ=	30	ângulo de talude natural
FS =	1,5				

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)		Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m²/m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	LISO	1,2%	0,7	1,5	6,8	1,50	-	1,32	20	-	40		18,51	18,51	0,22	6,74	7,14	63,0
2	LISO	1,2%	0,7	1,5	6,8	1,50	-	1,32	20	-	40		18,51	18,51	0,22	6,74	7,14	62,9
3	LISO	1,3%	0,7	1,5	6,8	1,50	-	1,32	20	-	40		18,51	18,51	0,23	6,74	7,14	59,7
4	DEGRAU	30,8%	17,1	1,5	6,8	1,57	1,38	1,38	20	65,0	40	0,52	21,55	20,59	6,34	7,50	7,14	2,3
5	DEGRAU	30,8%	17,1	1,5	6,8	1,57	1,38	1,38	20	65,0	40	0,52	21,55	20,59	6,34	7,50	7,14	2,3
6	LISO	0,0%	0,0	1,5	6,8	1,50	-	1,32	20	-	40		18,51	18,51	0,00	6,74	7,14	-

8.0 ANÁLISE DE FLUTUAÇÃO PARA O CANAL



Empuxo de água = γ x h = 1,0 x 2,00 = 2,00 tf/m²
Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,30 = 0,75 tf/m²
Subpressão = E - PP = 2,00 - 0,75 = 1,25 tf/m²

8.1 ANÁLISE DA FLUTUAÇÃO

Pc = Peso próprio da laje = 0,30 x 2,5 = 0,75tf/m²
U = Subpressão = (2,00) x 1,0 = 2,00tf/m²
Pc/U = 0,75 / 2,00 = 0,375 < Fs = 1,1

Fator de segurança para condição de carregamento limite na flutuação (CCL) = 1,1

Como a relação Pc/U é menor que o fator de segurança contra a flutuação Fs, será necessário ancorar.

8.2 CÁLCULO DAS ANCORAGENS

As contribuições das ancoragens na laje serão calculadas admitindo-se que as barras estarão sujeitas somente a tração direta.

8.2.1 Força de arrancamento

Subpressão = U = 20 kN/m²
Peso próprio da laje = Pc = 7,5 kN/m²
Fator de segurança para condição de carregamento normal na flutuação (CCN) = 1,3
F_d = 1,3 x (U – Pc) = 1,3 x (20 – 7,5) = 16,25 kN/m²

Considerando uma malha de malha de 1,50m x 1,50m, tem-se que a força a solicitante de cálculo de cada ancoragem é dada pela expressão abaixo:

F'_d = 16,25 x 1,50 x 1,50 = 36,6 kN

8.2.2 Força de tração admissível por barra

f_{yk} = 50 kN/cm²
f_{yd} = 50/1,15 = 43,48 kN/cm²
N_d = f_{yd} x Asø (força de tração admissível do aço CA50)

ø da barra a ser utilizada = 16mm

Como alternativa, para atender ao requisito referente à proteção da armadura, a NBR6122:2010 (item 8.6.2), estabelece redução 1,6 mm no diâmetro das armaduras longitudinais para dimensionamento estrutural.

Asø = Área útil da barra =π x (1,6 – 0,2)² / 4 = 1,54cm²

Igualando a força de arrancamento à força de tração admissível, tem-se:

F'_d = N_d

$36{,}6\ \text{kN} = \frac{50}{1{,}15}\ \text{x}\ \text{Asø} \rightarrow \text{Asø} = 36{,}6\ \text{x}\ \frac{1{,}15}{50} = 0{,}84\text{cm}^2$ - adotado barra ø16mm

8.2.3 Comprimento de ancoragem

Aderência argamassa/barra:

Resistencia Característica da argamassa:f_{ak} = 20MPa
γ_f = 1,8 (tabela 4 – NBR6122)
$f_{atd} = f_{atk,inf}/\gamma_f$ = 0,7 x 0,3 x $20^{2/3}$ / 1,8 = 0,86MPa
$f_{ad} = h_1 \times h_2 \times h_3 \times f_{atd}$ = 2,25 x 1 x 1 x 0,86 = 1,94MPa = 0,194kN/cm² (tensão admissível de tração no contato argamassa/barra)

- Força de tração admissível:
$N_d = f_{yd} \times \text{Asø} = \frac{50}{1{,}15} \times 1{,}54$ = 66,96 kN

- Comprimento de ancoragem mínimo:
Lb = Nd/ (π x øb x f_{ad}) = 66,96 / (π x 1,4 x 0,194) = 79 cm.

Aderência da estaca na interface solo/argamassa

Segundo a NBR5629 (item 4.4.3), a resistência a tração de uma ancoragem pode ser verificada da seguinte maneira:

$$T = \alpha \; x \; U \; x \; lb \; x \; s_u$$

$$66{,}90 \; kN/cm^2 = 0{,}35 \; x \; (15cm \; x \; \pi) \; x \; lb \; x \; 0{,}025 \; kN/cm^2$$

$$lb = 162 \; cm$$

Sendo:

T - Resistência a tração de uma ancoragem
U – perímetro da ancoragem
s_u - resistência ao cisalhamento não drenado do solo argiloso
α– coeficiente redutor ao cisalhamento, sendo:
α=0,75 para $s_u \leq$ 40 kPa
α=0,35 para $s_u \geq$ 100 kPa

Argilas	Peso específico aparente do solo γ_t... tf/m³	Coesão tf/m² Kogler*	Ângulo de talude natural φ°	Resistência a compressão $\bar{\sigma}_s$**
Turfa	0,5 – 0,8	–	10°-18°	–
Muito mole	1,3	–	20°-30°	< 2,5
Mole	1,5	0,5	20°-30°	2,5-5
Média	1,7	5 a 10	20°-30°	5-10
Rija	1,9	argilas antigas duras = 10	20°-30°	10-20
Dura	2,1		20°-30°	40-50
Silte	1,5 – 1,8	1 a 3	30°-35°	–
Argila arenosa	1,7	2 a 5	26°-30°	–

* Sujeitos a confirmação de ensaios de laboratório
** Terzaghi — Peck — Amostra confinada tf/m²

Tipo de terreno	**Resistência média ao cisalhamento (MPa)**
Rochas duras	1,00 a 2,50
Rocha solta	0,30 a 1.00
Areias e pedregulhos	0,70 a 1.00
Areia media a fina	0,30 a 0,60
Argila com resistência a compressão simples	
a) > 0,4 MPa	>0,80
b) 0,10 a 0,40 MPa	0,40 a 0,80
c) 0,05 a 0,10 MPa	0,25 a 0,40

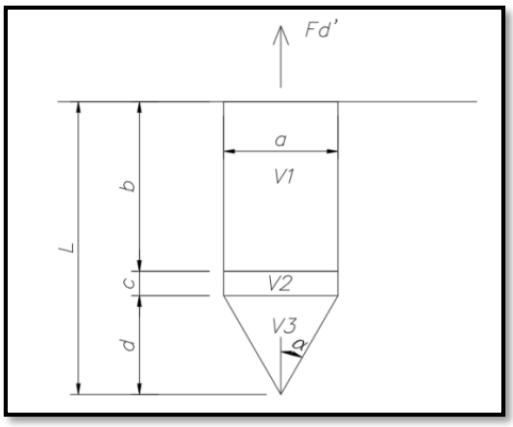
Comprimento mínimo da ancoragem no solo de 1,7 m.

8.2.4 Comprimento da ancoragem utilizando o equilíbrio de forças

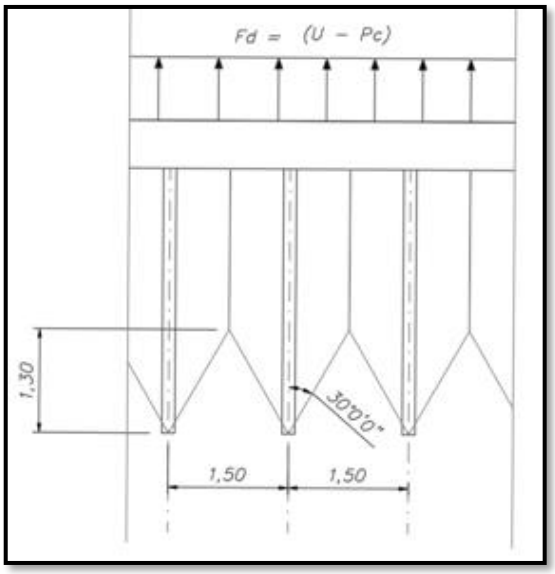
O comprimento necessário da ancoragem será obtido pelo equilíbrio entre peso de solo contido no tronco de cone e força de arrancamento atuante.

$Fu \times FSF = V_{solo} \times \gamma_{solo}$, onde FSF é o fator de segurança à flutuação (CCL)

$V_{solo} = V1 + V2 + V3$



Admitindo uma superfície de ruptura formada por ângulo de 30º a partir da extremidade da barra,pode-se determinar a área da superfície da seguinte forma:



EQUILIBRIO DE FORÇAS EM UMA LAJE SUBMETIDA A SUBPRESSÃO

EQUILIBRIO : Fu x FSF = V solo x γsolo

DADOS DE ENTRADA	
a(m)	1,5
θ	30
γsolo (kN/m²)	17
U (kN/m²)	20
Pplaje (kN/m²)	7,5
FSF (CCL)	1,1

Fu (kN)	28,13
d(m)	1,30
c (m)	0,53
V2 (m³)	0,77
V3 (m³)	1,07

Vsmin (m³)	1,82
V1 necessario (m³)	-0,01
V1 (m³)	0,00
bmin (m) [1]	0,00
lmin (m) [2]	1,83

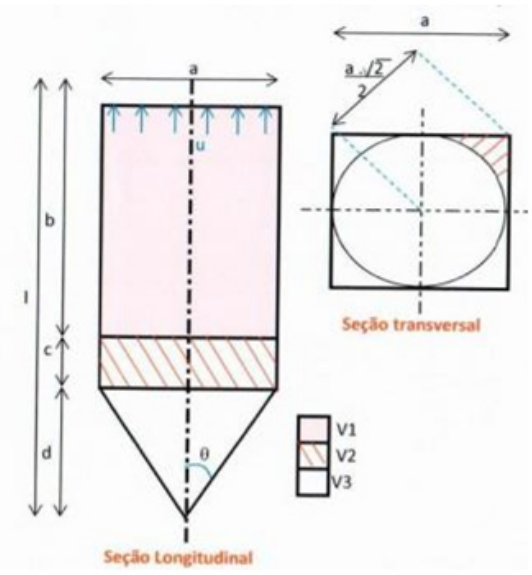
(1) Se bmín ≤ 0, V1 = 0

(2) Comprimento mínimo para que o equilibrio seja atingido

L (m)	2,00
b (m)	0,17
V1 (m³)	0,38
Vs (m³)	2,21
FSF	1,34

FSF>1,1
O COMPRIMENTO L ATENDE AO EQUILIBRIO

FSF - FATOR DE SEGURANÇA A FLUTUAÇÃO
CCN (CONDIÇÃO DE CARREGAMENTO NORMAL) = 1,3
CCL (CONDIÇÃO DE CARREGAMENTO LIMITE) = 1,1



Comprimento de ancoragem adotado

O comprimento adotado de ancoragem será igual a 2,00m.

O comprimento definitivo das ancoragens deverá ser definido pelo geólogo e/ou geotécnico no campo.

8.2.5 Verificação do arrancamento da estaca

A capacidade de carga da ancoragem é diretamente proporcional ao comprimento de ancoragem utilizando geralmente valores médios da resistência ao cisalhamento na interface entre solo/cone de arrancamento, como sugeridos por Jimenez Salas (1980).

Tipo de terreno	Resistência média ao cisalhamento (MPa)
Rochas duras	1,00 a 2,50
Rocha solta	0,30 a 1.00
Areias e pedregulhos	0,70 a 1.00
Areia media a fina	0,30 a 0,60
Argila com resistência a compressão simples	
a) > 0,4 MPa	>0,80
b) 0,10 a 0,40 MPa	0,40 a 0,80
c) 0,05 a 0,10 MPa	0,25 a 0,40

Tensão de cisalhamento na ruptura

t_{cis} = 0,025 kN/cm² (consideração de rocha)

Área do Cone:

A_{cone}= ½ x (2π x d x tan30º) x d/cos30º
A_{cone} = ½ x (2π x 130 x tan30º) x 130/cos30º= 35395,3 cm²

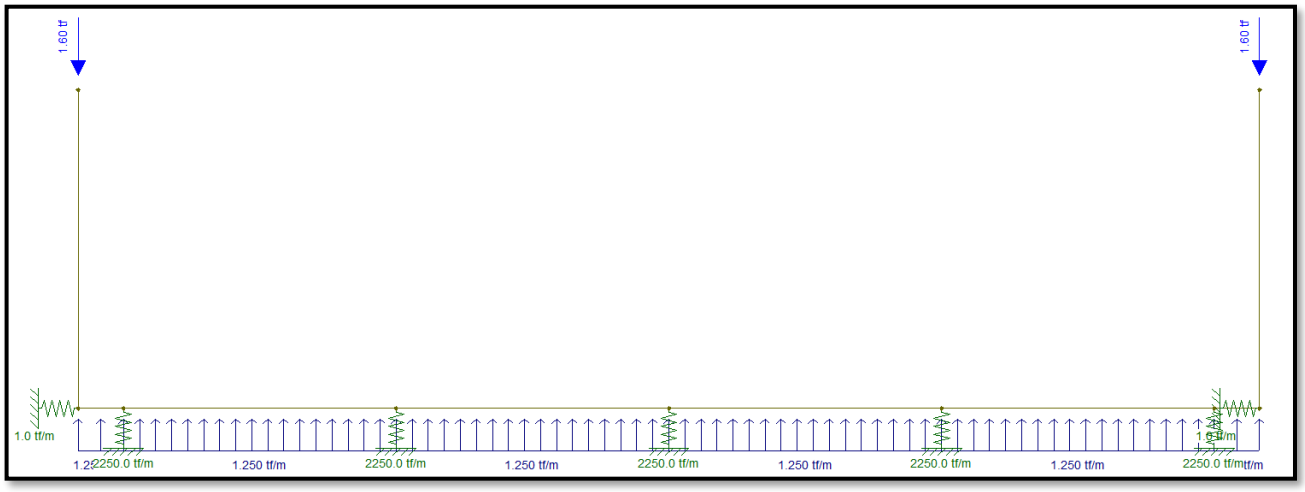
T = $t_{cis.}$ x A_{cone} = 0,025 x 35395 = 884,9 kN

Força de Arrancamento por barra:

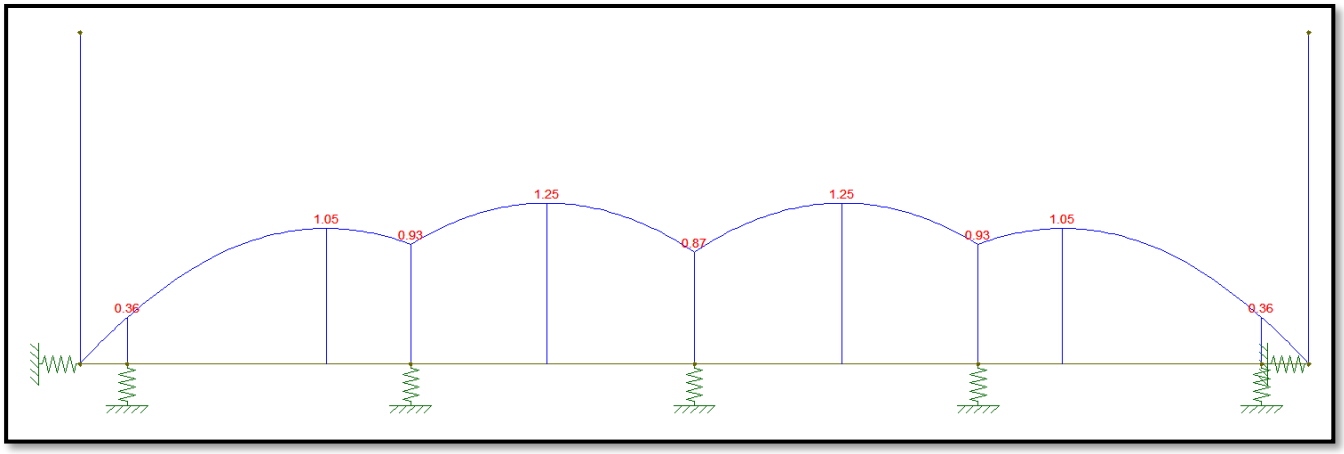
F_d = 36,6 kN
Fs = T/F_d = 884,9 / 36,6 = 24,2→ OK!

8.3 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

8.3.1 Esforços



8.3.2 Diagrama de Momento Fletor



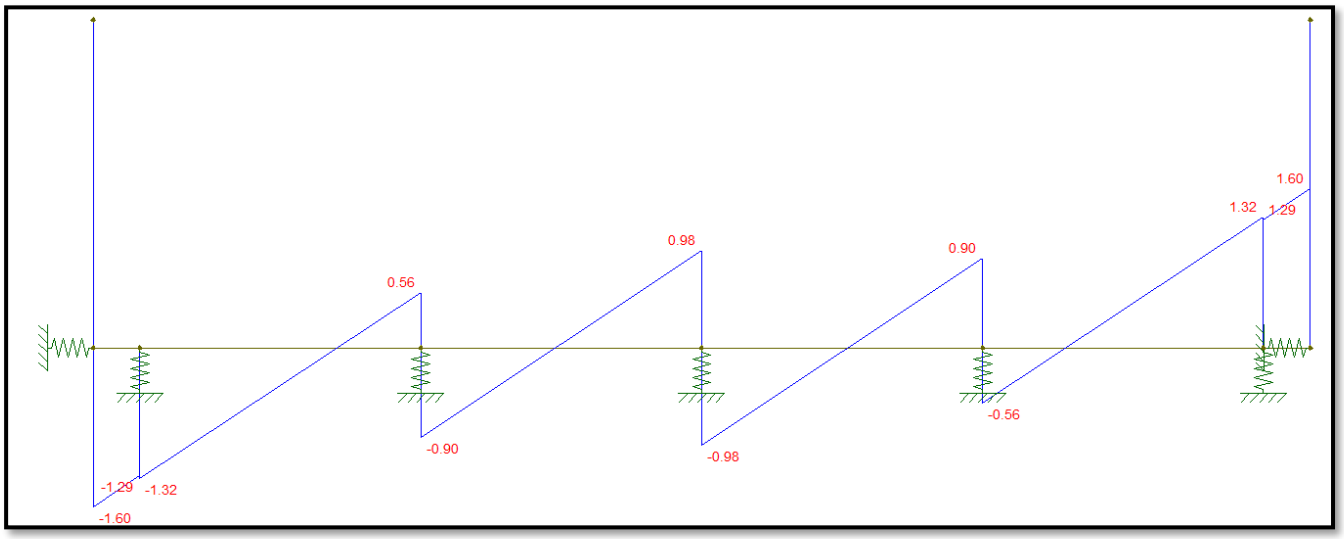
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 15 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	25	1250	50	0,00	1,62	4,50	0,020	10	17,5	ø 10,0 c/ 15,0

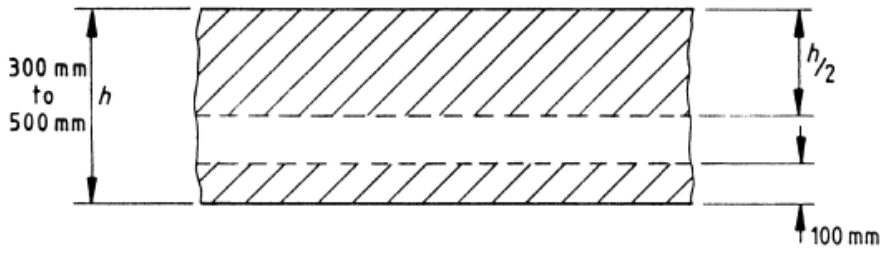
8.3.3 Diagrama de Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAL DE LAMAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		16,0	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,300	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,250	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		389	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	146,63	kN
V_d	$V * \gamma_f$	22,40	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

8.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm≤ h ≤ 50cm →hsup=h/2 e hinf=10cm – Conforme BS 8007:1987 (*Design of concretestructures for retainingaqueous liquids*)



Para h = 30cm → hsup= 30/2 = 15cm e hinf = 10cm

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item17.3.5.2.2:

$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
$A_s = 0{,}8 \times 0{,}8 \times 30\ kgf/cm^2 \times (15\ cm \times 100\ cm) / 3600\ kgf/cm^2 =$
$A_s = 8\ cm^2$ - ø 10 c/9

8.5 RESUMO

Parede e fundo com espessura de 30 cm
Armação transversal externa e interna das paredes e lajes= ø 10 c/9
Armação longitudinal das paredes e lajes = ø 10 c/9

8.5.1 Geração dos Hietogramas de Precipitação Efetiva

Os hietogramas totais foram transformados em efetivos por meio da metodologia proposta pelo *Soil Conservation Service* (SCS, 1974). Nesse sentido, as condições de uso e ocupação do solo nos terrenos a montante do reservatório foram mapeadas para a determinação dos parâmetros do modelo SCS.

9.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO		
Razão social: **CNPJ:**	DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA 07.214.006/0001-00	http: www.dfmais.eng.br
Belo Horizonte / MG - *dfmais@dfmais.eng.br* - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001		

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação/Revisão do Documento
Iara Couto	IC	Concreto	Revisão do Documento
Gabriela Leite	GL	Concreto	Dimensionamento Estrutural/Elaboração do Documento



Barão Homem de Melo, 4554, 5º andar
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002
www.dfmais.eng.br

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR**

PROJETO DETALHADO **BARRAGENS - ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL** **MEMÓRIA DE CÁLCULO**	Nº MOSAIC **-**	PÁGINA **1/20.0236**
	Nº DF+ **DF19-263-1-CV-MEC-0003**	REV. **0**

REVISÕES

TE: TIPO EMISSÃO
A - PRELIMINAR
B - PARA APROVAÇÃO
C - PARA CONHECIMENTO
D - PARA COTAÇÃO
E - PARA CONSTRUÇÃO
F - CONFORME COMPRADO
G - CONFORME CONSTRUÍDO
H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	EMISSÃO INICIAL	GL	IC	TO	OM	01/10/20
0	C	APROVADO	GL	IC	TO	OM	14/10/20

SUMÁRIO

ITEM	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	NORMAS TÉCNICAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
3.0	SOFTWARES UTILIZADOS	3
4.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	4
5.0	PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS	5
6.0	DIMENSIONAMENTO DAS CANALETAS DE BERMA	8
7.0	DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DA OMBREIRA DIREITA / OMBREIRA ESQUERDA H=1,0	24
8.0	DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DA OMBREIRA ESQUERDA H=1,20M	46
9.0	DIMENSIONAMENTO DA OMBREIRA ESQUERDA - TRECHO COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS - H=1,00	66
10.0	DIMENSIONAMENTO DA OMBREIRA ESQUERDA - TRECHO COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS - H=1,50	100
11.0	DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASSOR - SEÇÃO 4,0X3,0 - TRECHO LISO	133
12.0	DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASSOR - SEÇÃO 4,0X2,0 - DEGRAU	150
13.0	DIMENSIONAMENTO DO ANTEPARO DE IMPACTO	168
14.0	DIMENSIONAMENTO EXTRAVASOR - GALERIA COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS TB45	171
15.0	DIMENSIONAMENTO EXTRAVASOR - TRANSIÇÃO	188
16.0	DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO SITUADO NA OMBREIRA DIREITA	203
17.0	DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO PRINCIPAL	212
18.0	DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE LAMAS	228
19.0	ANEXO - DIMENSIONAMENTO GRADE	229
20.0	EQUIPE TÉCNICA	231

1.0 INTRODUÇÃO

O presente memorial descritivo de cálculo tem por finalidade apresentar as diretrizes, as análises estruturais e os dimensionamentos propriamente ditos de uma estrutura moldada in loco, em concreto armado convencional, inerente as estruturas de drenagem superficial da nova geometria do maciço para alteamento da Barragem BR, de propriedade da Mosaic, além de estar em conformidade com todas as descrições normativas vigentes nacionais e internacionais.

2.0 NORMAS TÉCNICAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As normas aplicáveis à estrutura vigentes no ano de 2018:

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto;
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 8681:2003 – Ações e Seguranças nas Estruturas
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 6122:2010 – Projeto e Execução de Fundações;
- Rodrigues, P.P.F.; Cassaro, F.R. – Pisos Industriais de Concreto Armado – São Paulo, IBTS, 2002. 2ed;

3.0 SOFTWARES UTILIZADOS

Para o dimensionamento da estrutura, foram utilizados os seguintes programas:

- Ftool
- Planilhas internas em Excel

4.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Número do Documento	Descrição
DF19-263-1-EG-DWG-0116	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Arranjo Geral - Planta
DF19-263-1-EG-DWG-0117	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Arranjo Geral - Seções típicas e Detalhes
DF19-263-1-EG-DWG-0118	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Planta, Perfil e Detalhes FL. 01/04
DF19-263-1-EG-DWG-0119	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Planta, Perfil e Detalhes FL. 02/04
DF19-263-1-EG-DWG-0120	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Planta, Perfil e Detalhes FL. 03/04
DF19-263-1-EG-DWG-0121	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Planta, Perfil e Detalhes FL. 04/04
DF19-263-1-EG-DWG-0122	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Esquerda - Seções Transversais
DF19-263-1-EG-DWG-0123	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Direita 01 - Planta, Perfil e Seção Típica
DF19-263-1-EG-DWG-0124	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Direita 01 - Seções Transversais
DF19-263-1-EG-DWG-0125	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Direita 02 - Planta, Perfil e Detalhes FL. 01/02
DF19-263-1-EG-DWG-0126	Projeto Detalhado - Barragens - Alteamento Barragem BR - El 1210 m - Nova Geometria do Maciço - Drenagem Superficial - Canal - Ombreira Direita 02 - Planta, Perfil e Detalhes FL. 02/02

5.0 PARÂMETROS UTILIZADOS NOS CÁLCULOS

5.1 PARÂMETROS GERAIS

- Peso específico da água interna à estrutura da drenagem.....1,0 tf/m^3
- Peso específico do concreto.....2,5 tf/m^3
- Resistência Característica do concreto.....fck = 30 MPa
- Resistência Característica do concreto magro.....fck = 10 MPa
- Módulo de Elasticidade.....Ecs = 27GPa
- Tensão Característica do aço.....fyk = 500 MPa
- Classe de Agressividade.....Classe III
- Cobrimento mínimo da armação.....4,0 cm

5.2 PARÂMETROS DO SOLO

Os parâmetros do solo adotados para dimensionamento foram:

<u>Solo Natural</u>

- Peso específico saturado: 1,7 tf/m^3
- Ângulo de atrito do solo: 30º
- Coesão: 7KPa
- Coeficiente de empuxo ativo:

$$\kappa_a = \mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = \mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{30^0}{2}\right) = 0{,}333$$

$$\kappa_a = \cos^2(\varphi) = \cos^2(30°) = 0{,}750$$

-

Reaterro

- Peso específico saturado: 1,7 tf/m3
- Ângulo de atrito do solo: 28º
- Coesão: 5KPa
- Coeficiente de empuxo ativo:

$$\kappa_a = \mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = \mathrm{tg}^2\left(45^0 - \frac{28^0}{2}\right) = 0{,}361$$

$$\kappa_a = \cos^2(\varphi) = \cos^2(28°) = 0{,}780$$

-

5.3 COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DE AÇÕES E RESISTÊNCIA DOS MATERAIS

Abaixo os coeficientes de ponderação utilizados no dimensionamento estrutural, conforme ilustrado nas tabelas 11.1 e 12.1 da NBR6118.

- Coeficiente de majoração das ações permanentes: $\gamma_{f,g} = 1{,}4$
- Coeficiente de majoração das ações variáveis: $\gamma_{f,q} = 1{,}4$
- Coeficiente de minoração da resistência do concreto: $\gamma_c = 1{,}4$
- Coeficiente de minoração da resistência do aço: $\gamma_s = 1{,}15$

5.4 ESTADO LIMITE ÚLTIMO E ESTADO LIMITE DE SERVIÇO

As estruturas são dimensionadas para o Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço, considerando as ações atuantes:

- peso próprio;
- empuxos laterais produzidos pelo solo;
- pressões de água de dentro para fora e de fora para dentro do canal (caso existam);
- empuxos laterais produzidos por sobrecargas na superfície;
- empuxos laterais produzidos por equipamento de compactação durante a execução do aterro;

Para as verificações é feita a determinação das situações críticas e são realizadas análises para duas hipóteses de carregamento, considerando os coeficientes de ponderação.

Estado Limite de Último (ELU)

- Carregamento simétrico com pressão lateral máxima de fora para dentro, considerando as pressões laterais do solo, de sobrecargas, quando for o caso, e, se não existir sistema de drenagem, o efeito de água no solo; o coeficiente de empuxo é o ativo.

- Carregamento simétrico com pressão lateral máxima de dentro para fora, considerando as pressões de água de dentro para fora e desconsiderando as pressões laterais do solo.

Com estas duas combinações podem-se determinar os máximos e mínimos esforços solicitantes na estrutura.

Estado Limite de Serviço (ELS)

A verificação do ELS é feita para o Estado para a combinação frequente das ações (ações que se repetem muitas vezes durante o período de vida da estrutura), considerando que o controle de fissuração é imprescindível por razoes de estanqueidade da estrutura. Esta verificação é feita após a escolha das armações.

5.5 COMBINAÇÃO DE AÇÕES

Um carregamento é definido pela combinação das ações que têm probabilidades não desprezíveis de atuarem simultaneamente sobre a estrutura, durante um período pré-estabelecido.

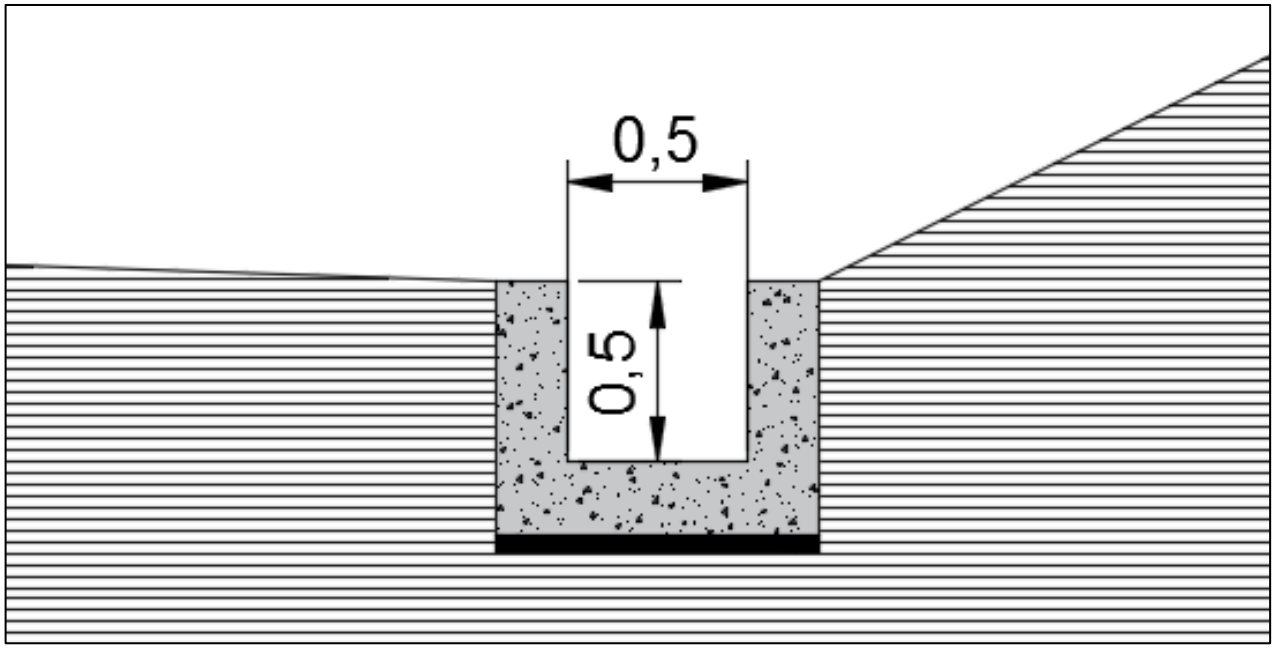
- Combinações últimas normais: Em cada combinação devem estar incluídas as ações permanentes e as ações variáveis, com seus valores característicos majorados conforme coeficientes de ponderação (Item 5.3).

$$Fd = (\gamma_{f,g} \times F_{gk}) + \Sigma (\gamma_{f,q} \times F_{qk})$$

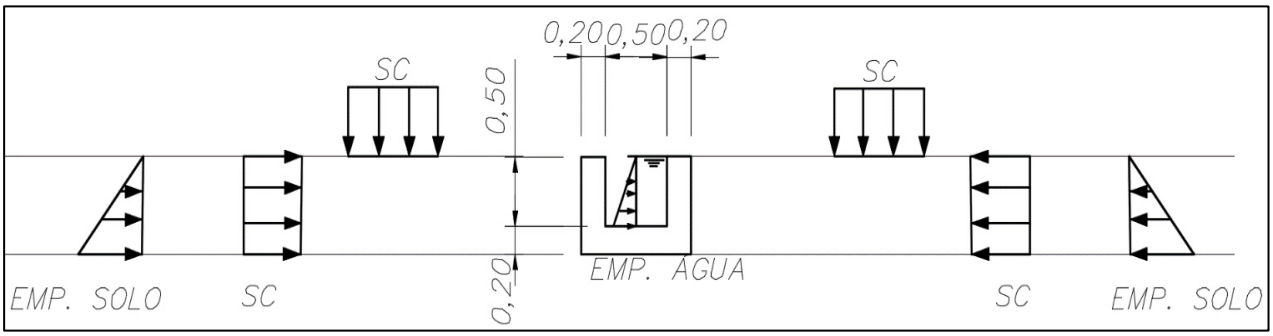
- Combinações Frequentes de serviço: Nas combinações frequentes de serviço, são adotadas as ações permanentes com seus valores característicos, as ações variáveis com seus valores característicos multiplicado por seus coeficientes de ponderação. O coeficiente de ponderação das ações para estados limites de serviço é considerado como $\gamma_f = 1{,}0$ e não é considerada a minoração das cargas para combinação frequente.

$$Fd = (F_{gk}) + \Sigma (\gamma_f \times F_{qk})$$

6.0 DIMENSIONAMENTO DAS CANALETAS DE BERMA



6.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-


-
-
- Empuxo do Solo = γ x h x Ka = 1,7 x 0,60 x 0,750 = 0,765 tf/m²
- Sobrecarga = sc x Ka = 1,0 x 0,750 = 0,750 tf/m²
- Empuxo da Água (20% de borda livre) = γ x h = 1,0 x 0,50 = 0,50 tf/m²
- Peso próprio das paredes = 2,5 x 0,20 x 0,60 = 0,30 tf/m
- Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,20 = 0,50 tf/m²
-
- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

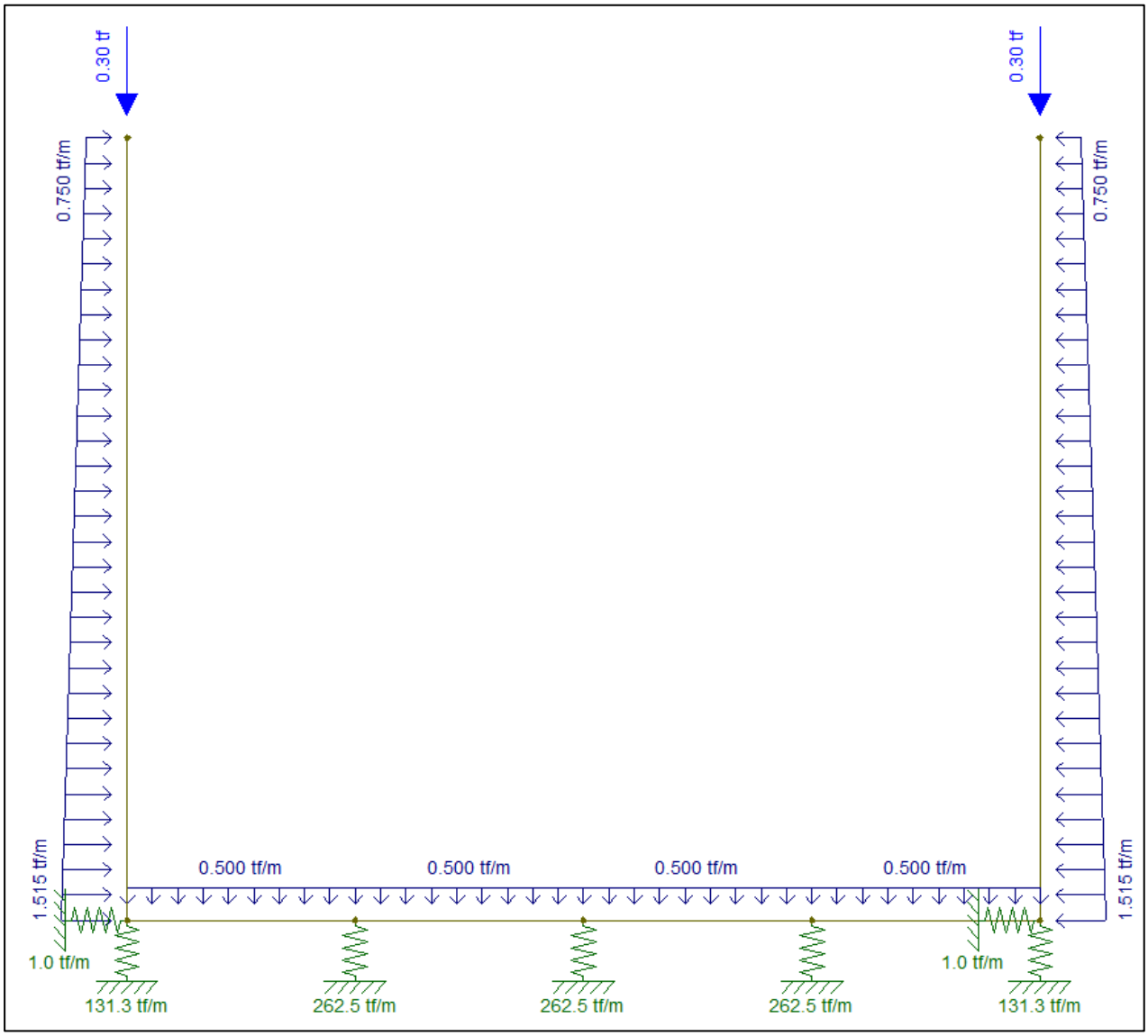
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15MPa/m$.

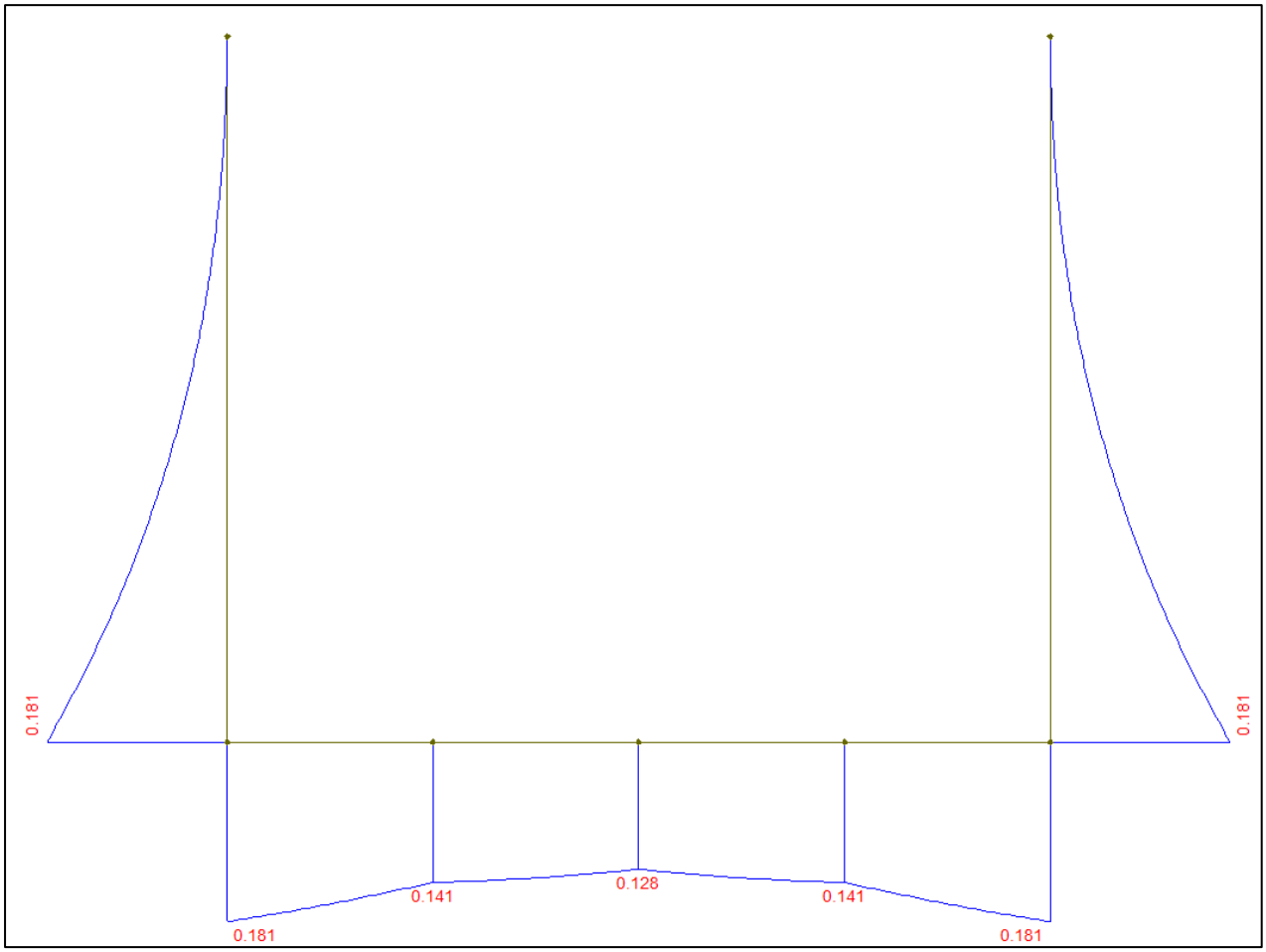
Para a distância entre nós de 17,5 cm temos:
$1500tf/m^3 x\ 0{,}175m\ x\ 1{,}0m = 262{,}5\ tf/m$

6.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



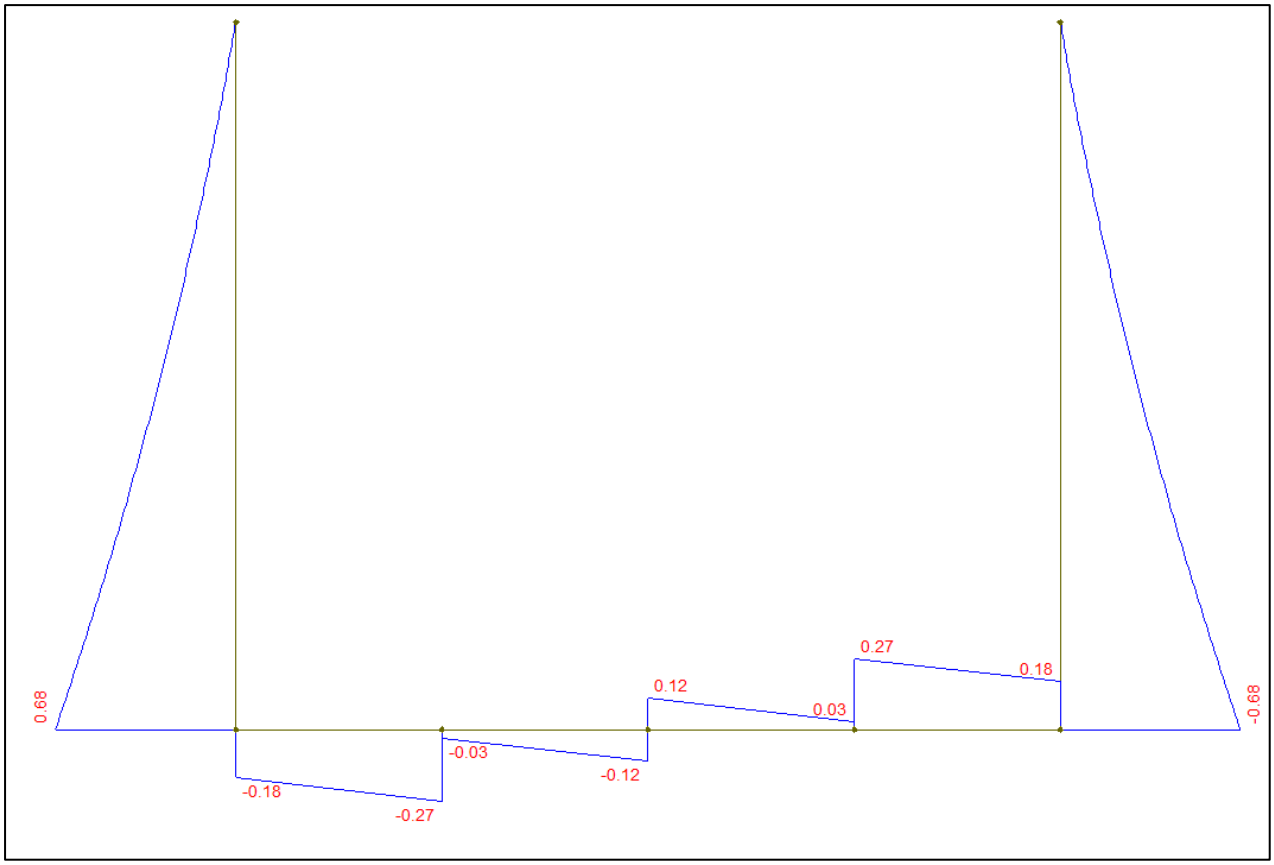
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

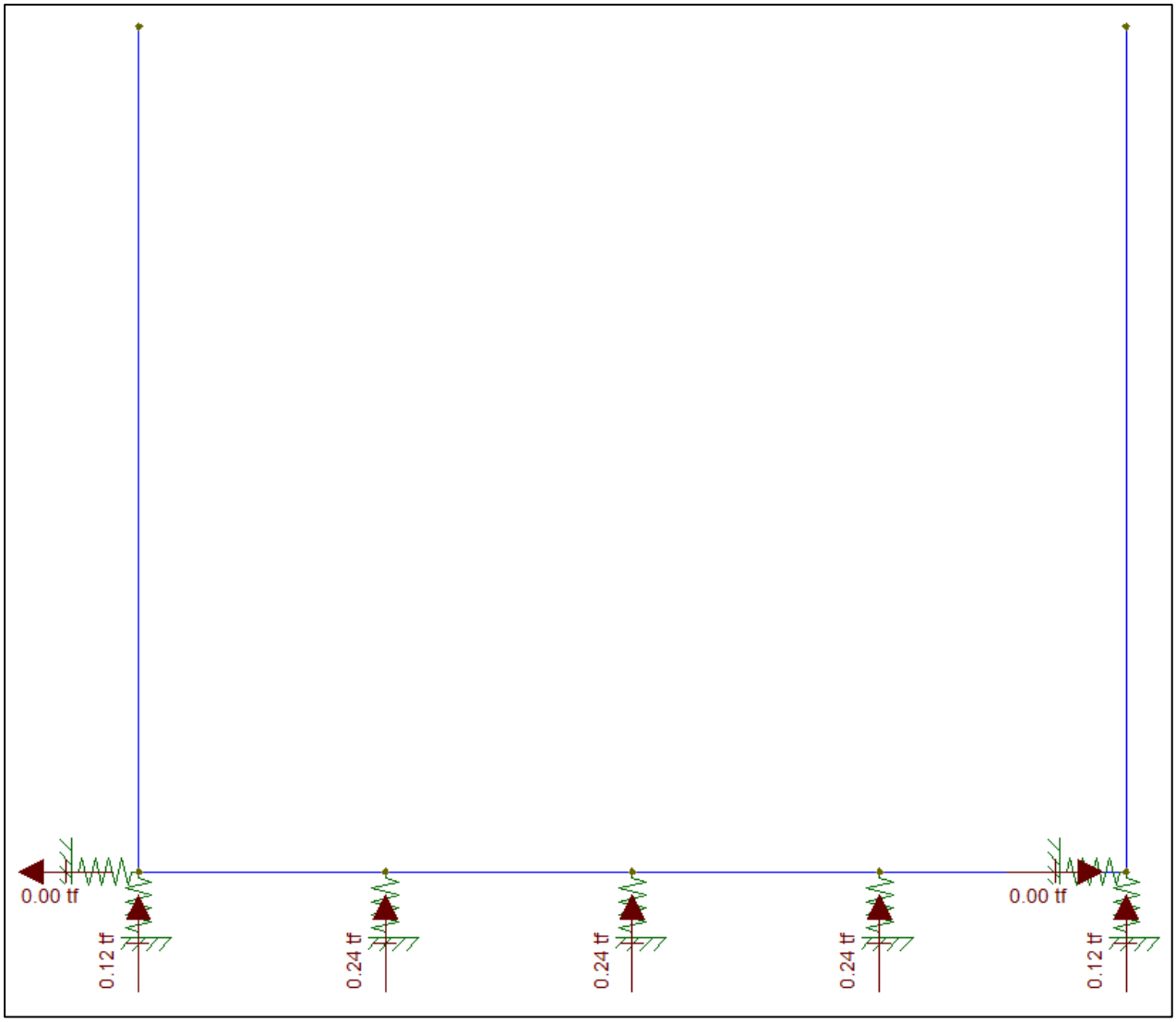
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	181	50	0,00	0,39	3,16	0,002	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

- Diagrama de Esforço Cortante

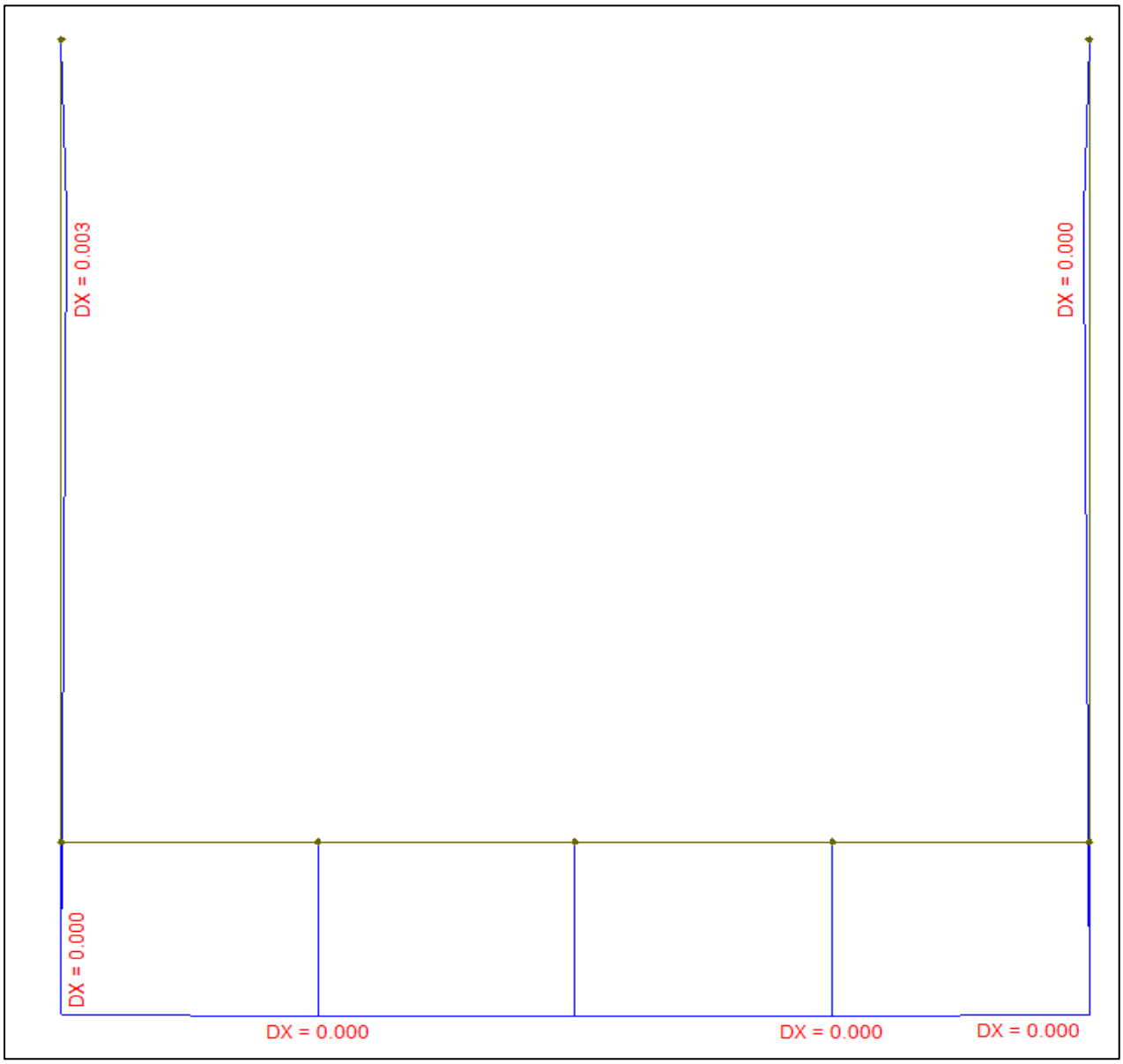


Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANALETA		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		6,8	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,200	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,150	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		296	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	94,50	kN
V_d	$V * \gamma_f$	9,52	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

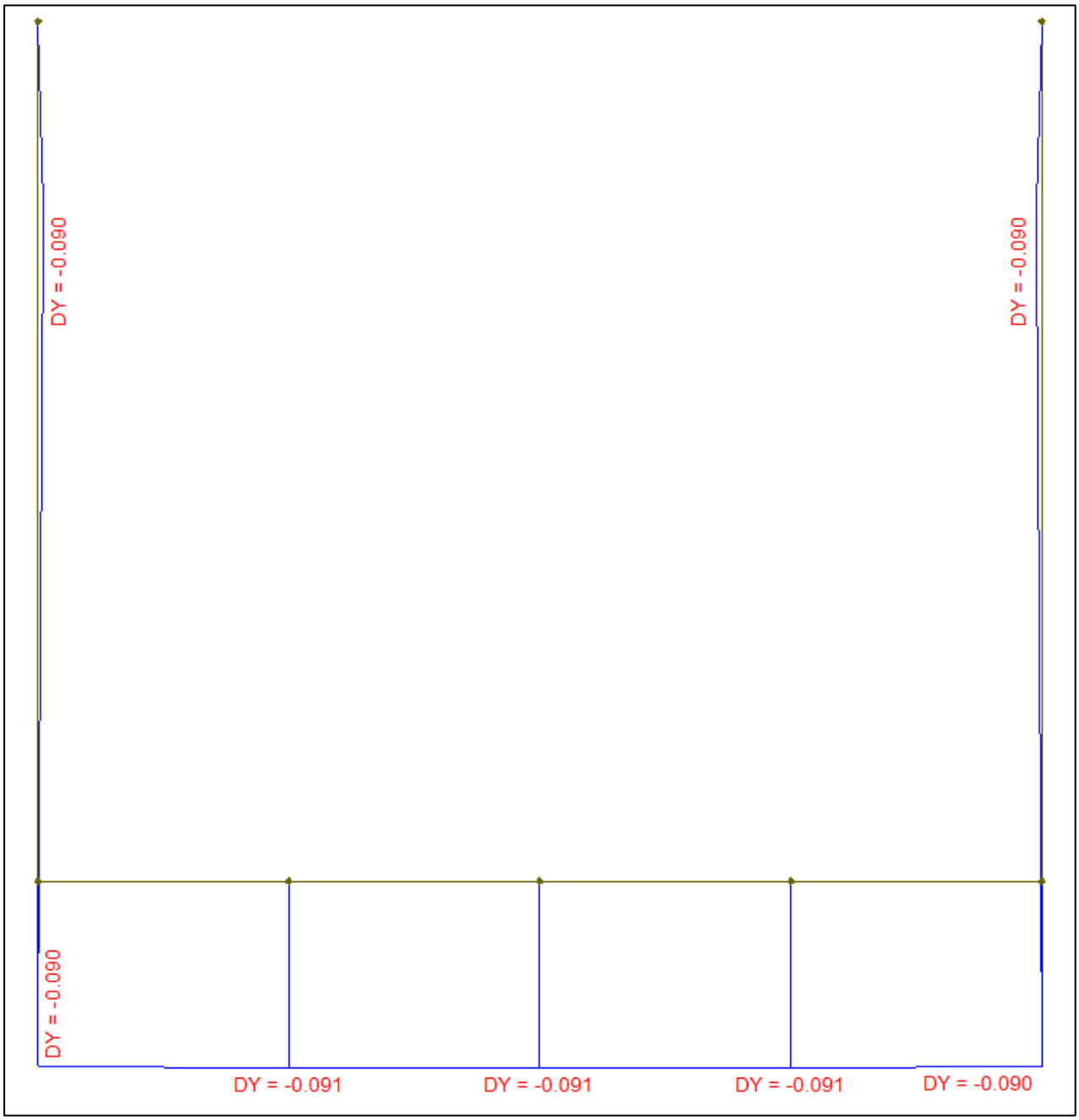
- Reações:



-
- Reação máxima = 240kgf
- Tensão máxima = 240 / (17,5 x 100) = 0,137 kgf/cm²
-
- Deformações:



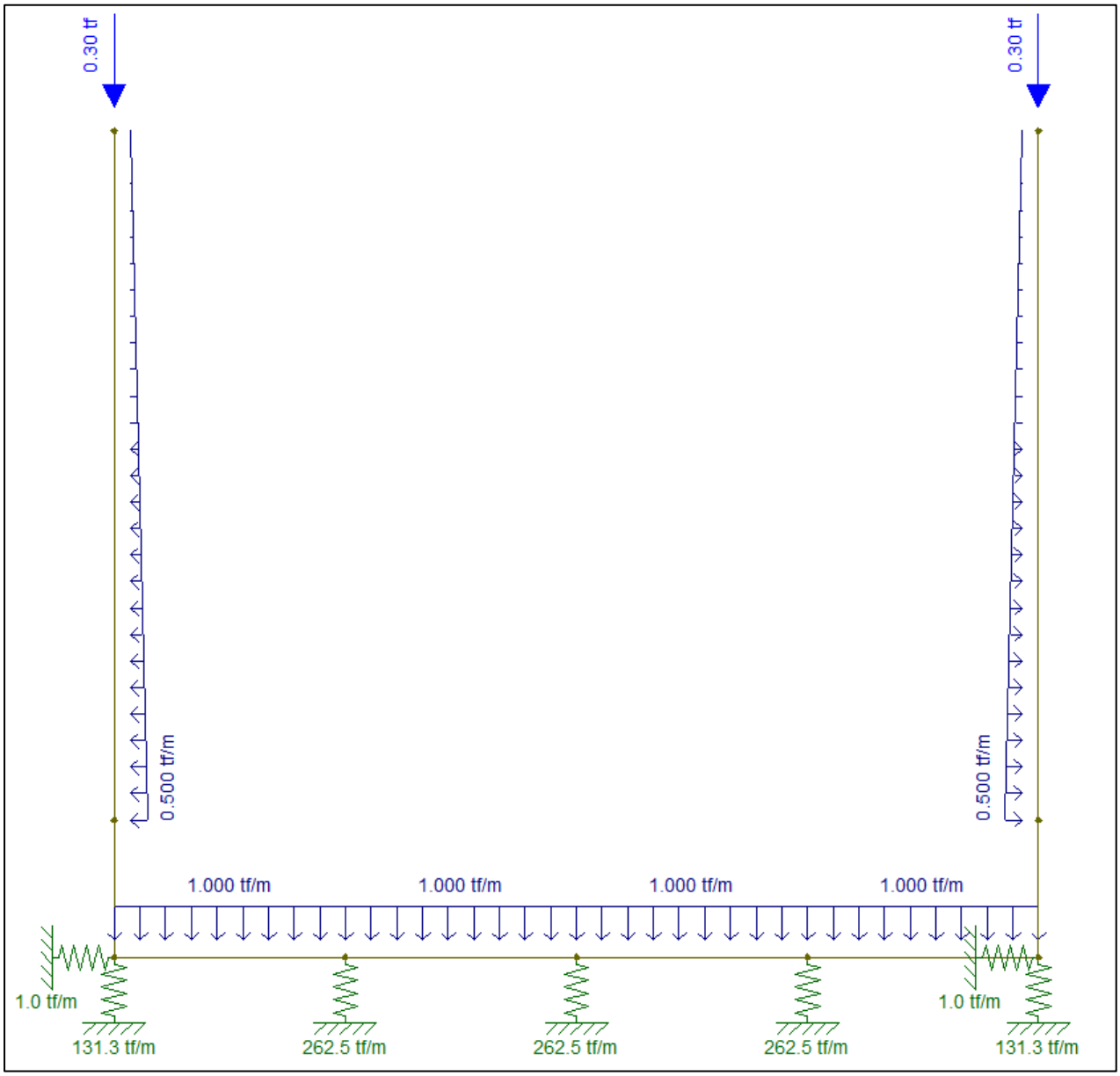
- Deformação máxima horizontal = 0,003 cm
- Deformação horizontal limite = 60/150 = 0,40 cm



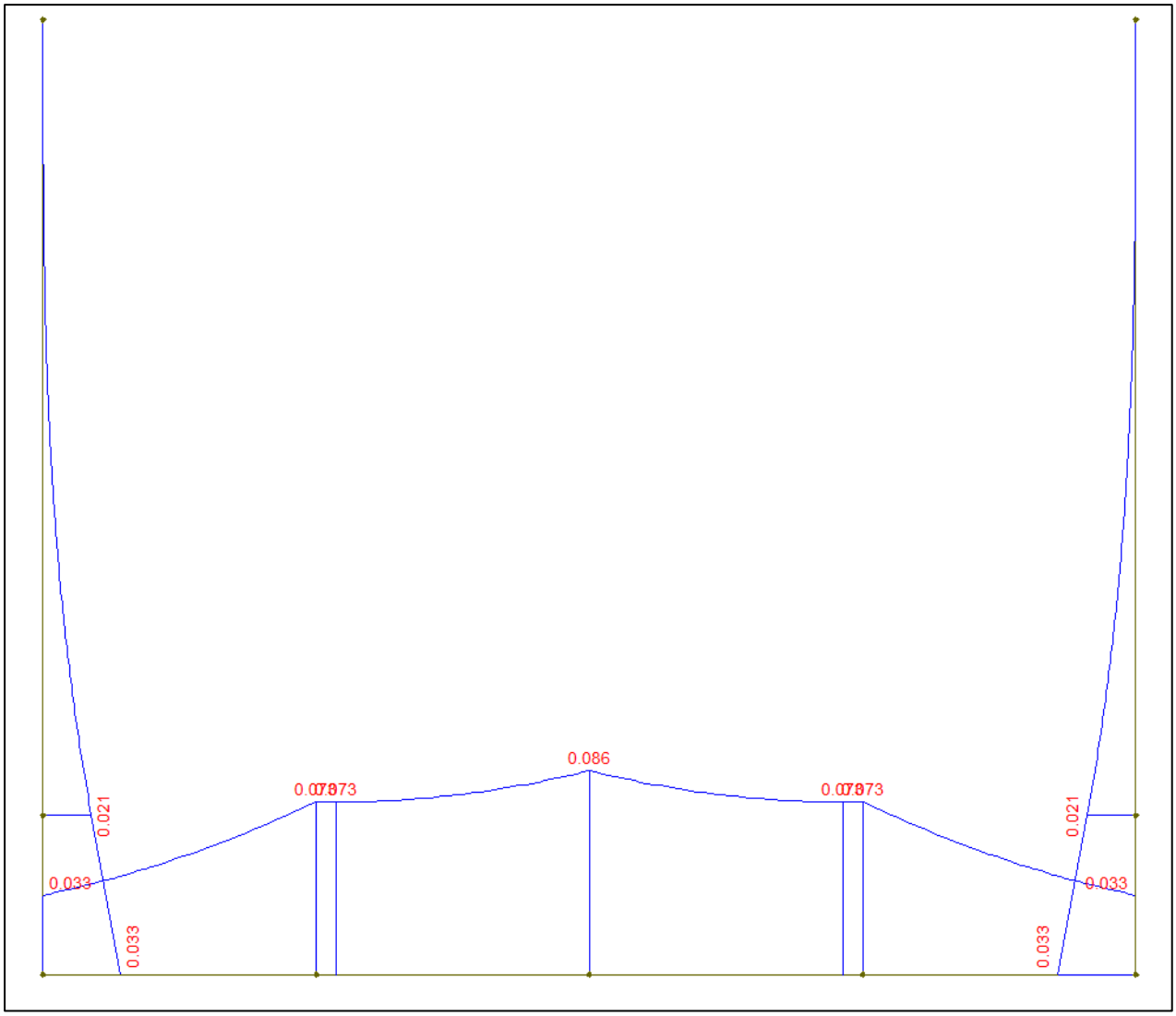
-
- Deformação máxima vertical = 0,09 cm

6.2 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



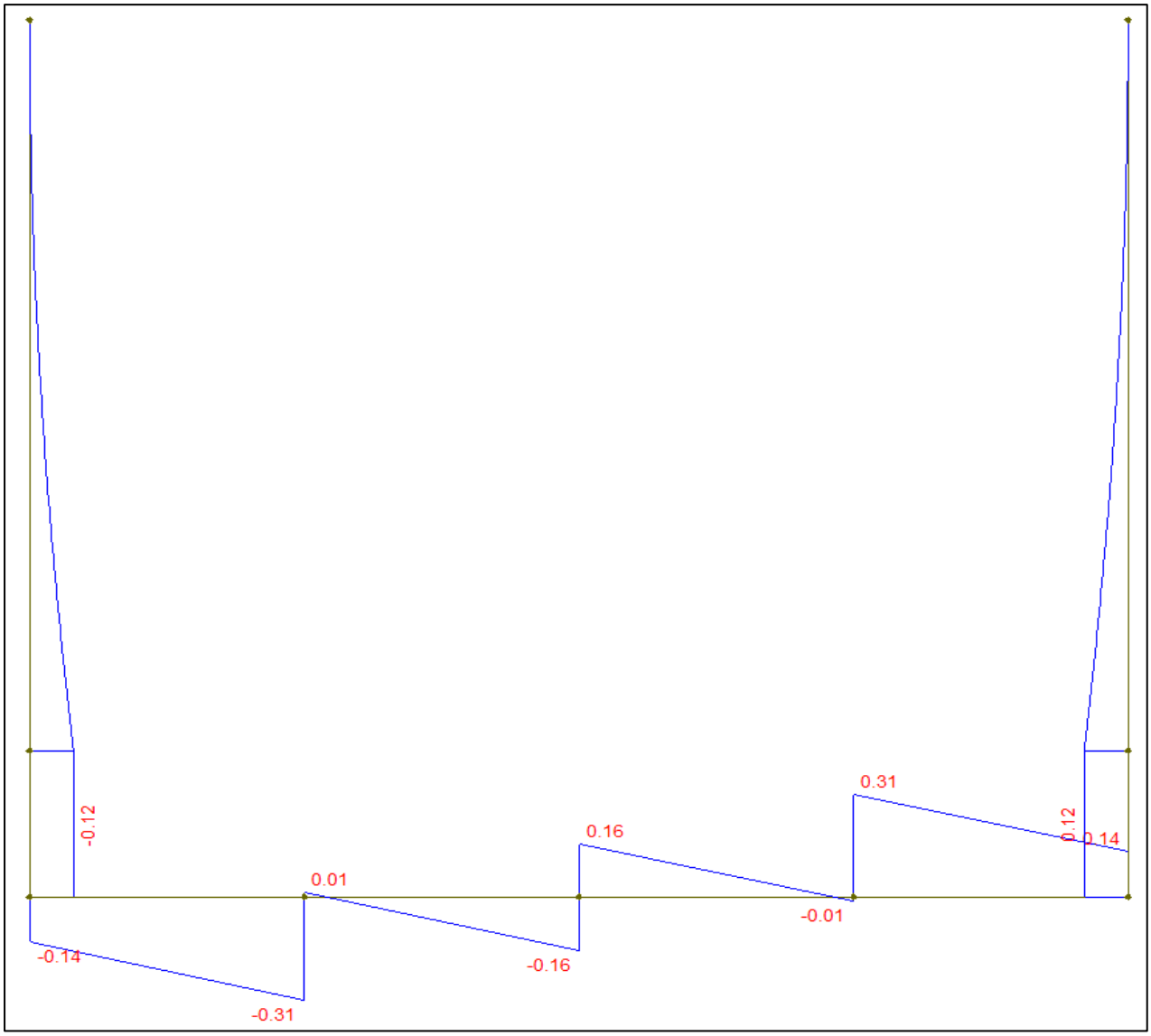
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

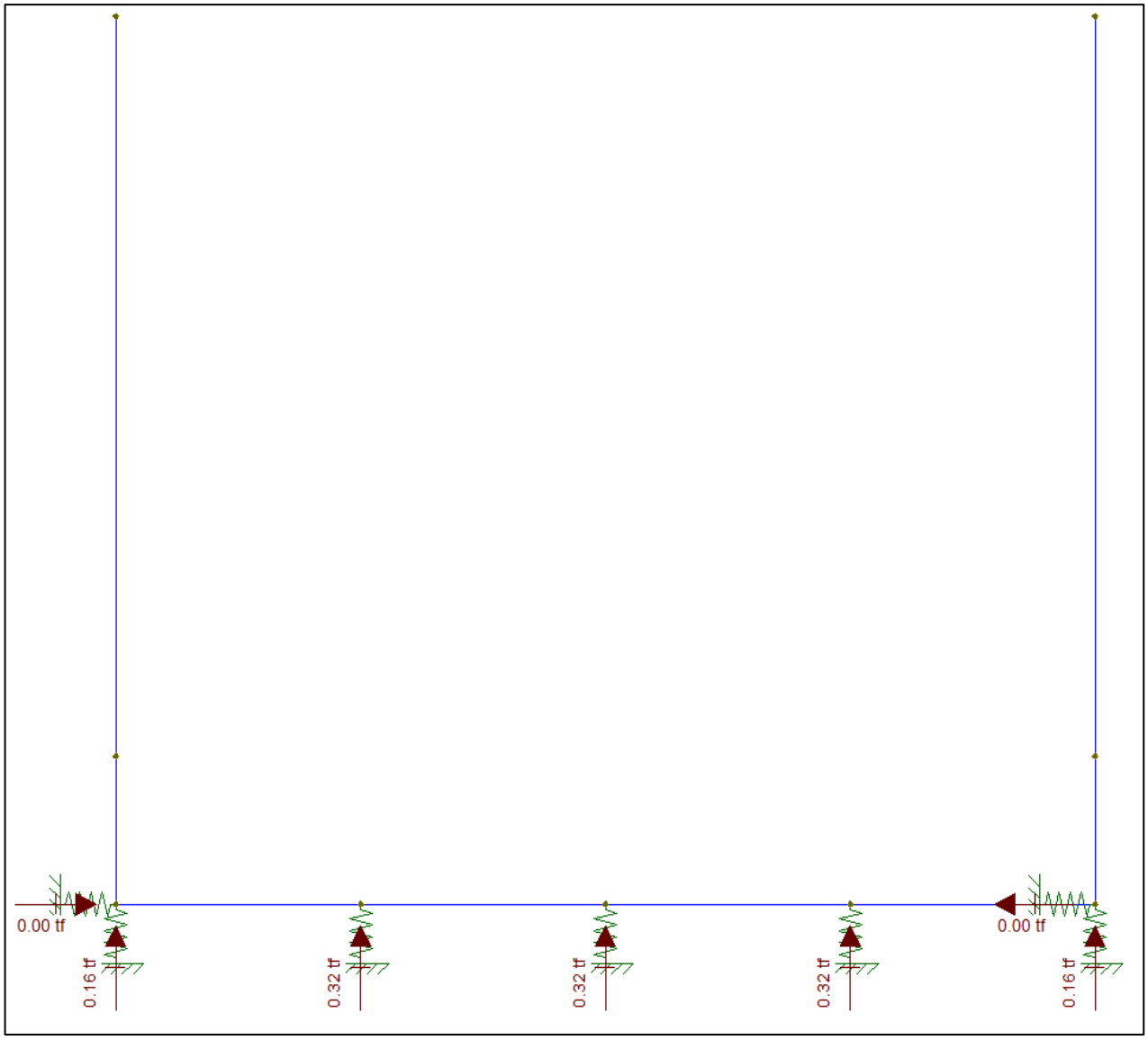
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	86	50	0,00	0,18	3,16	0,000	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

- Diagrama de Esforço Cortante



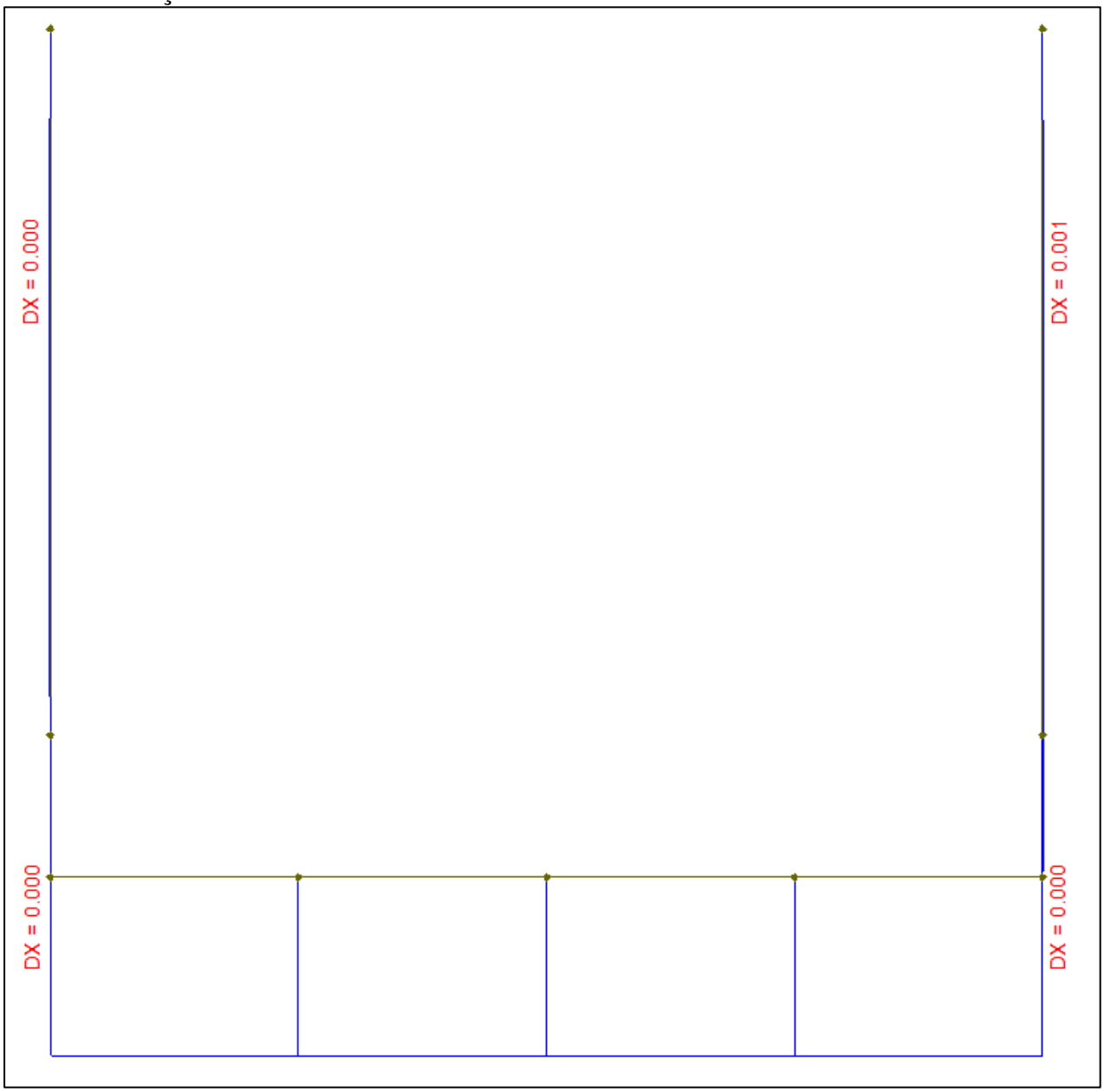
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANALETA		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		3,1	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,200	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,150	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		296	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	94,50	kN
V_d	$V * \gamma_f$	4,34	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

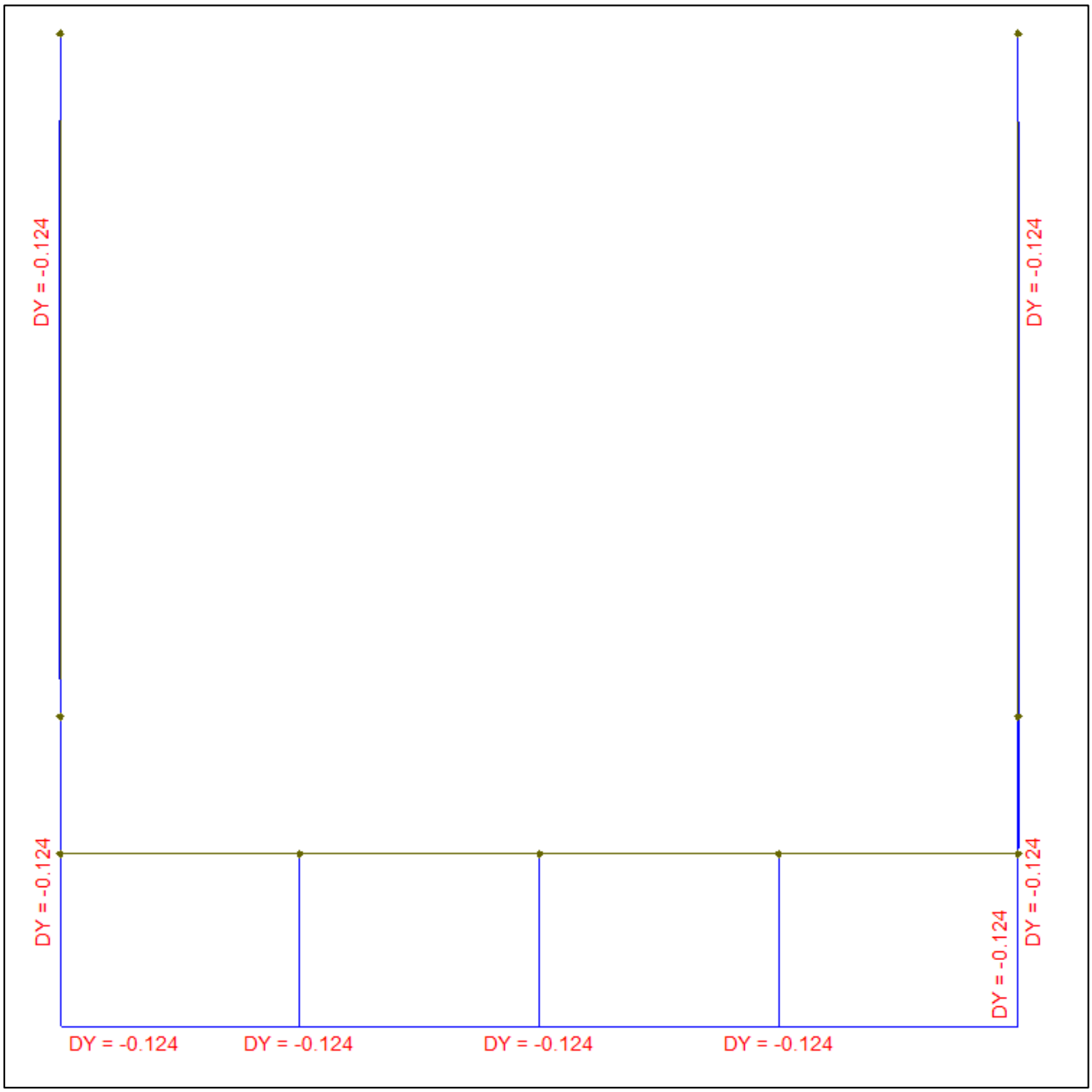


-
- Reação máxima = 320 kgf
- Tensão máxima = 320 / (17,5 x 100) = 0,183 kgf/cm²
-

- Deformações:



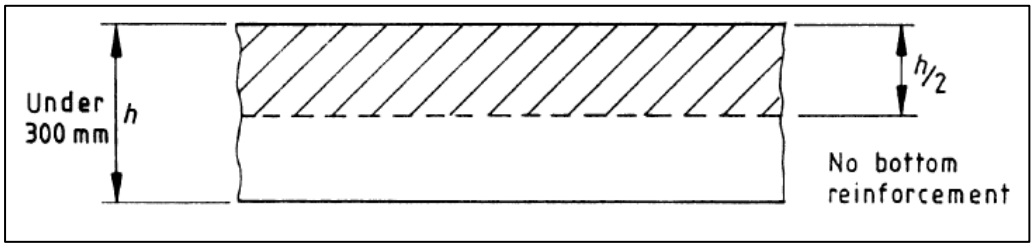
- Deformação máxima horizontal = 0,001 cm
- Deformação horizontal limite = 60/150 = 0,40 cm
-



-
- Deformação máxima vertical = 0,124 cm

6.3 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm < h → hsup=h/2 – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para h = 20cm → hsup= 20/2 = 10cm

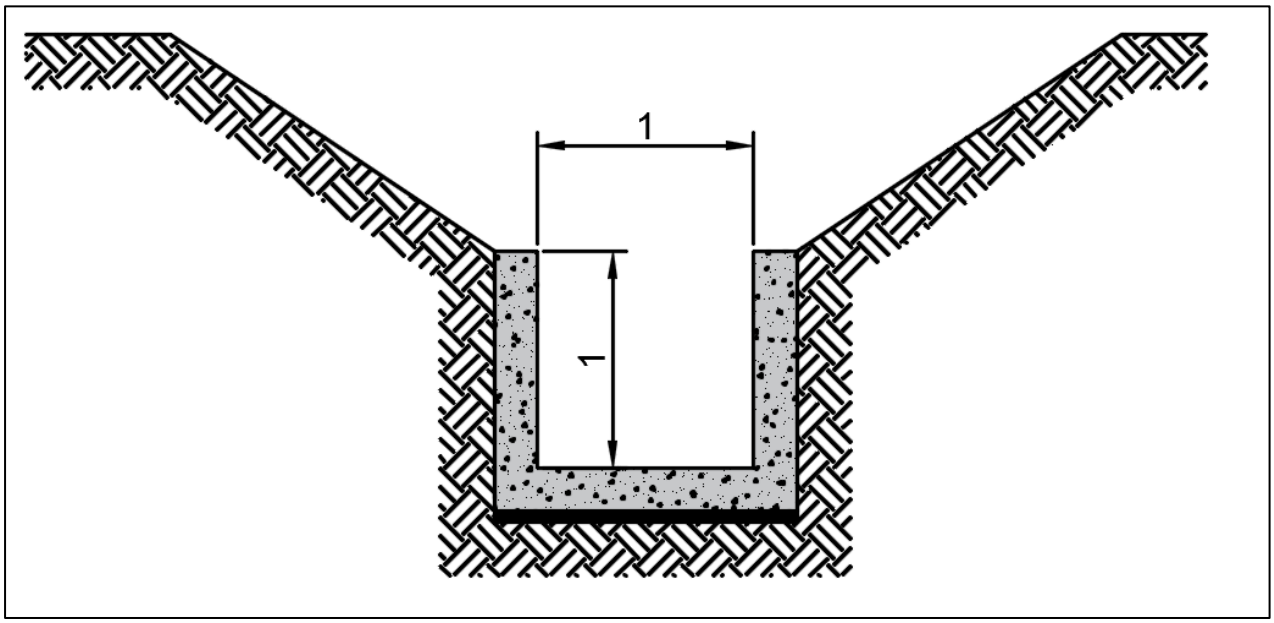
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

- $A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
- A_s = 0,8 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (10 cm x 100 cm) / 4000 kgf/cm² =
- A_s = 4,8 cm² - ø 8 c/10
-

6.4 RESUMO:

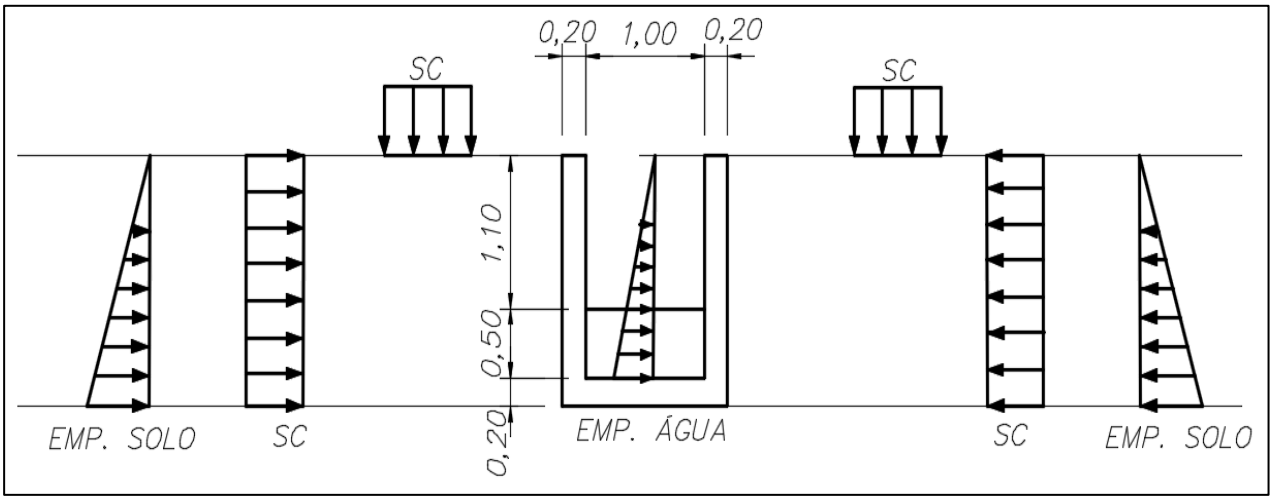
- Parede e fundo com espessura de 20 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: ø 8 c/10
-
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: ø 8 c/10
-

7.0 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DA OMBREIRA DIREITA / OMBREIRA ESQUERDA H=1,0



7.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-



-
-
- Empuxo do Solo = γ x h x Ka = 1,7 x 1,70 x 0,750 = 2,168 tf/m²
- Sobrecarga = sc x Ka = 1,0 x 0,750 = 0,750 tf/m²
- Empuxo da Água = γ x h = 1,0 x 1,60 = 1,60 tf/m²
- Peso próprio das paredes = 2,5 x 0,20 x 1,70 = 0,85 tf/m
- Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,45 = 1,125 tf/m²
-

- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.
-
- ,

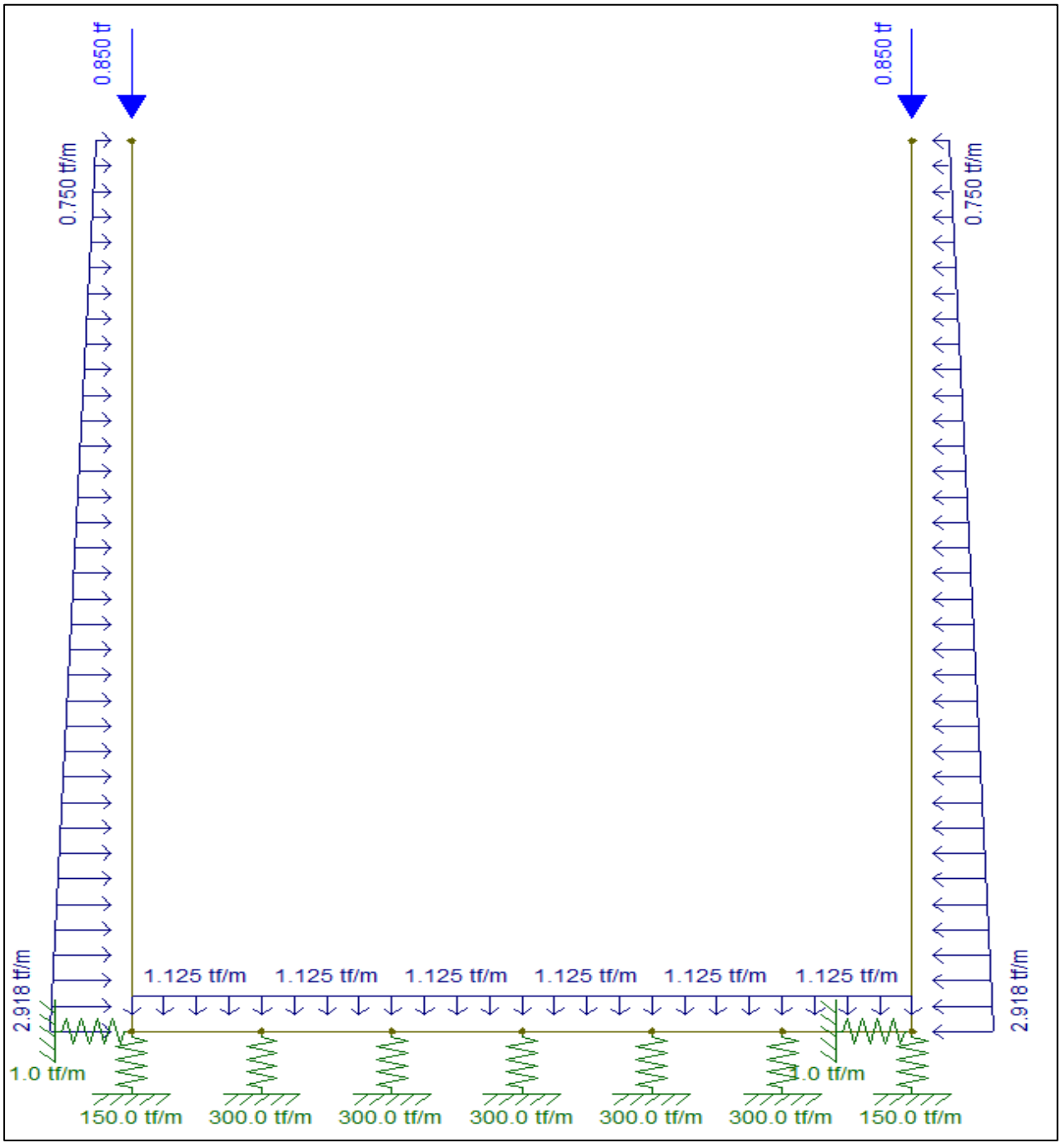
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

-
- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15MPa/m$.
-

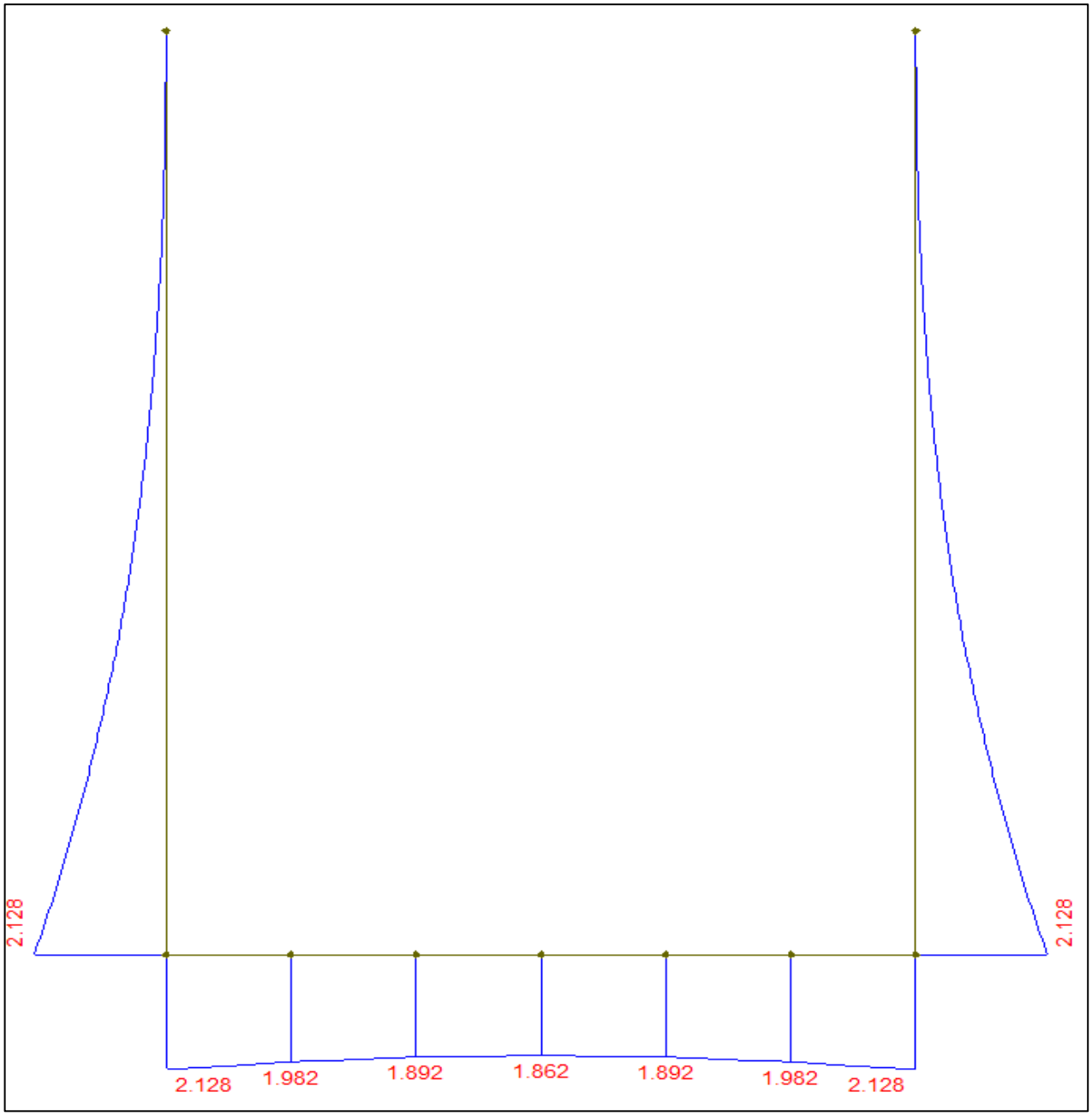
Para a distância entre nós de 20 cm temos:
$1500tf/m^3 x\ 0{,}20m\ x\ 1{,}0m = 300\ tf/m$

7.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



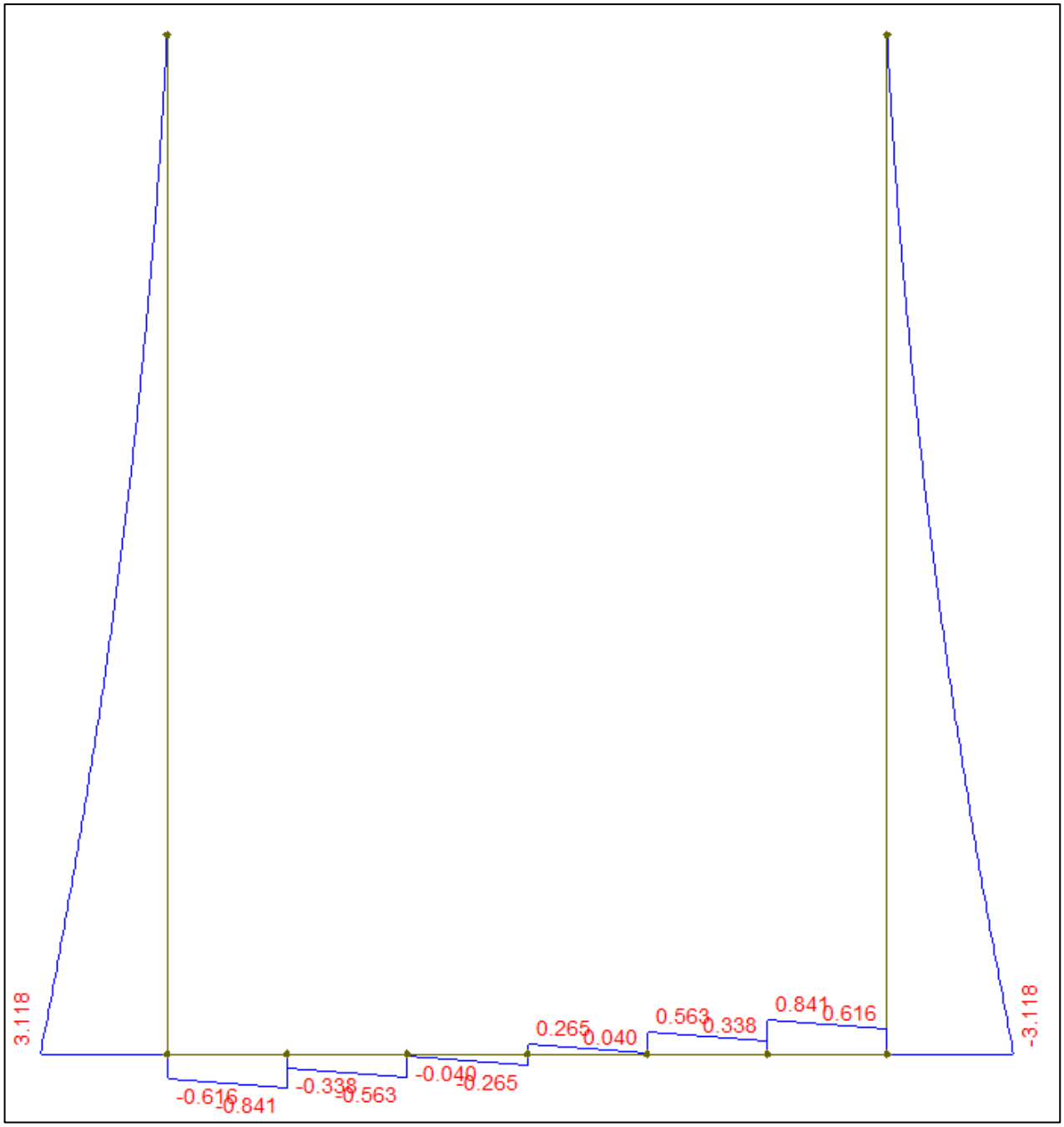
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

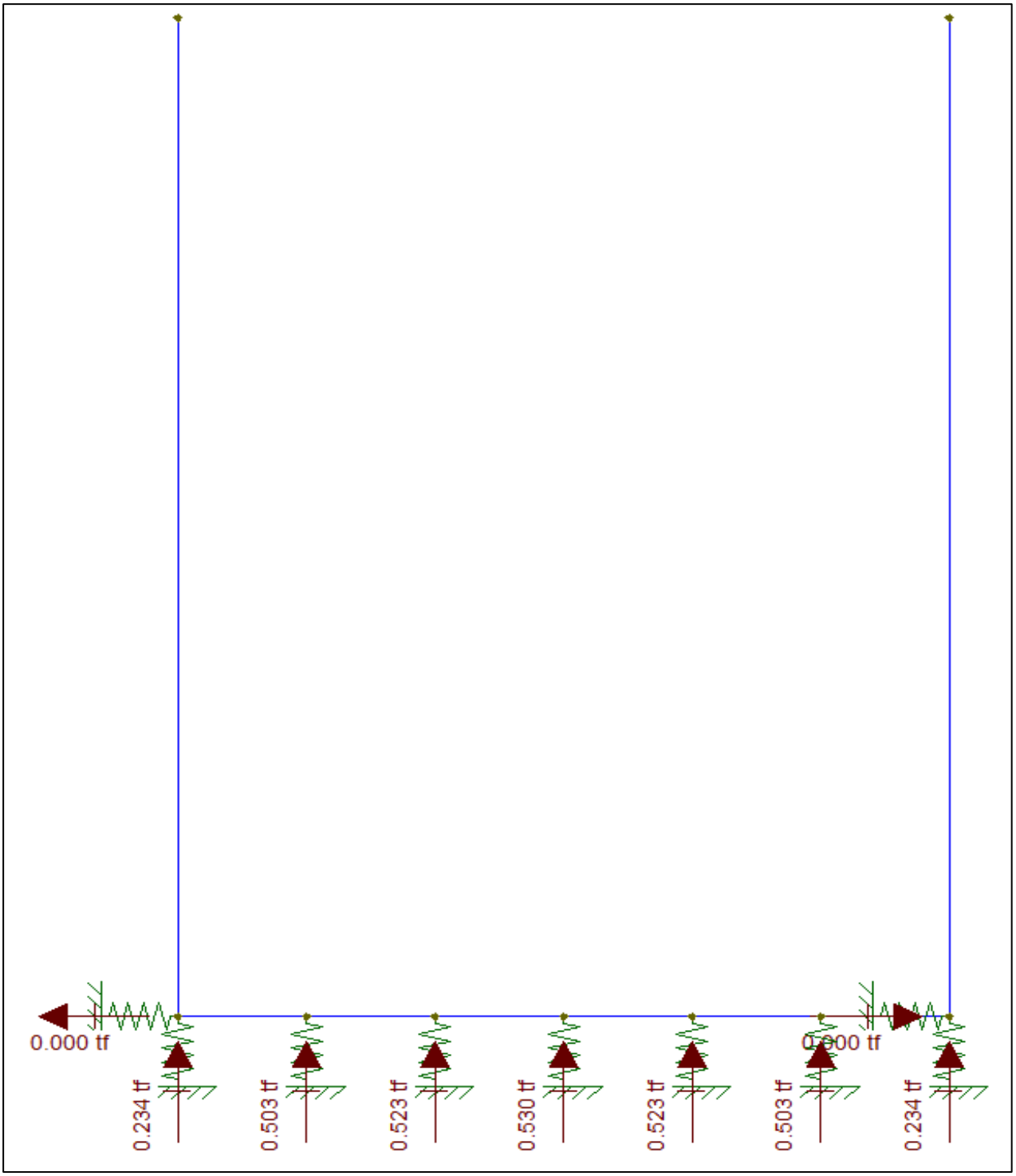
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	2128	50	0,00	4,75	4,75	0,121	8	10,6	ø 8,0 c/ 10,0

- Diagrama de Esforço Cortante



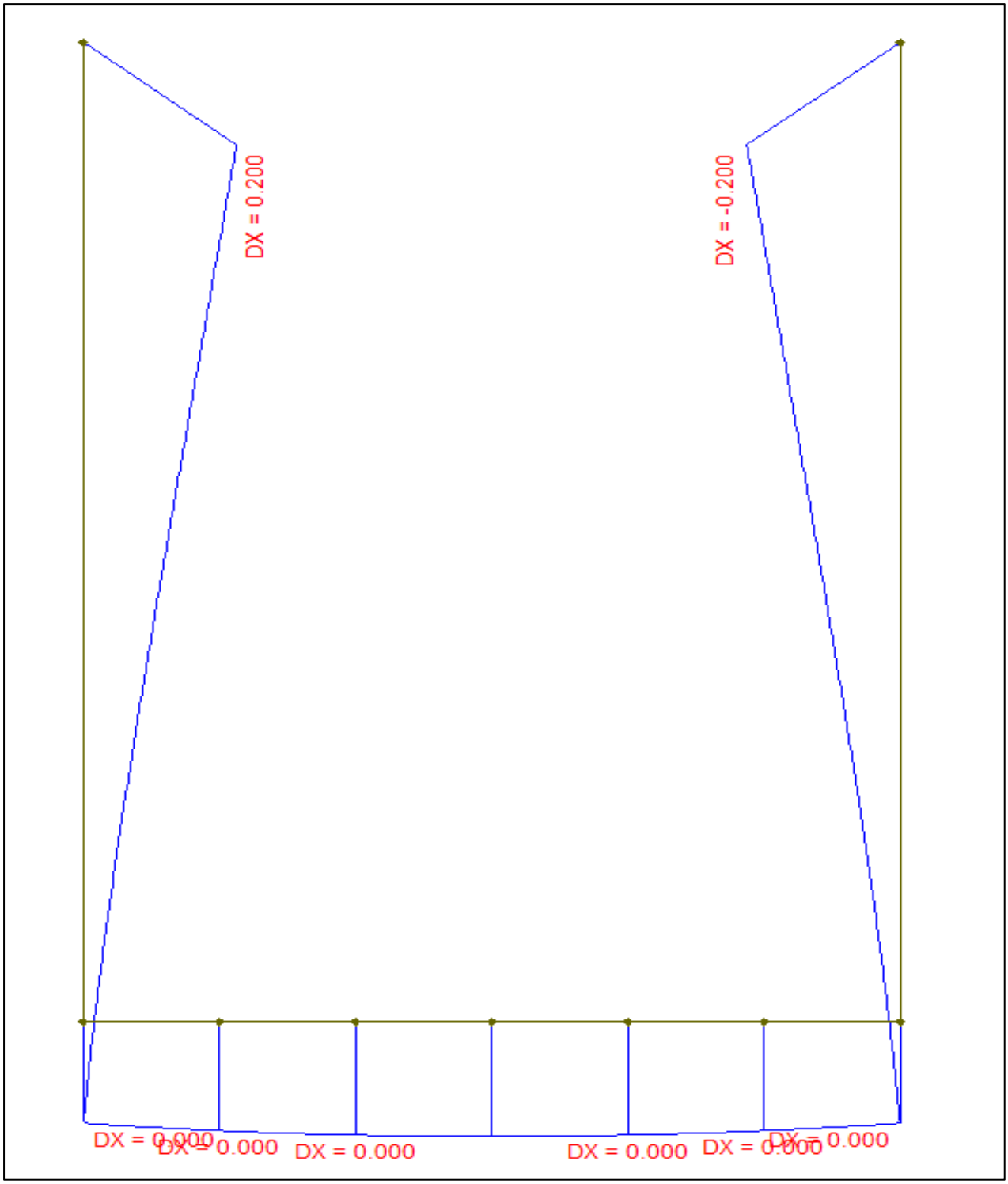
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAIS DAS OMBREIRAS		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		31,2	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,200	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,150	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		296	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	94,50	kN
V_d	$V * \gamma_f$	43,68	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

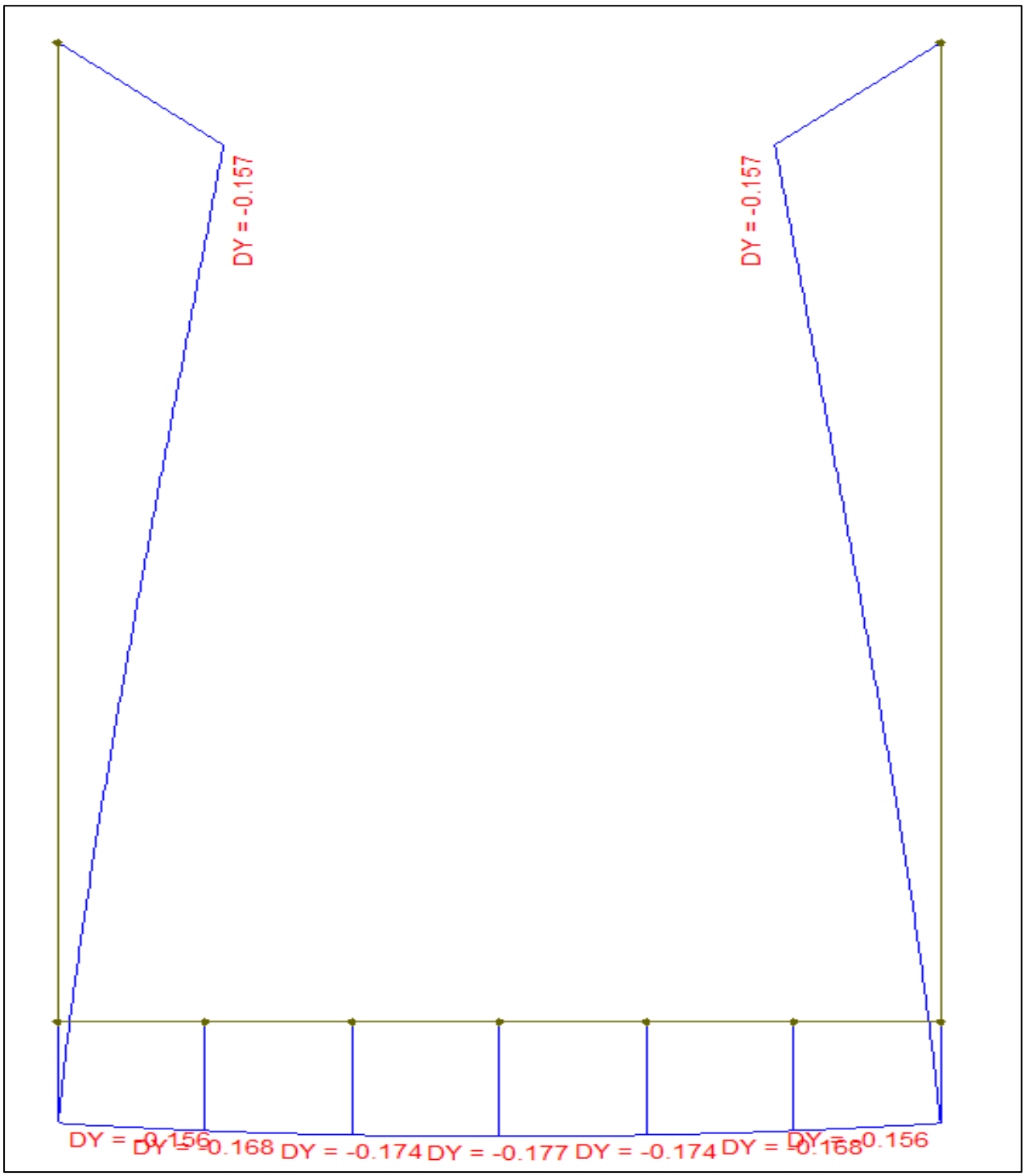


-
-
- Reação máxima = 530 kgf
- Tensão máxima = 530 / (20 x 100) = 0,265 kgf/cm²
-

- Deformações:



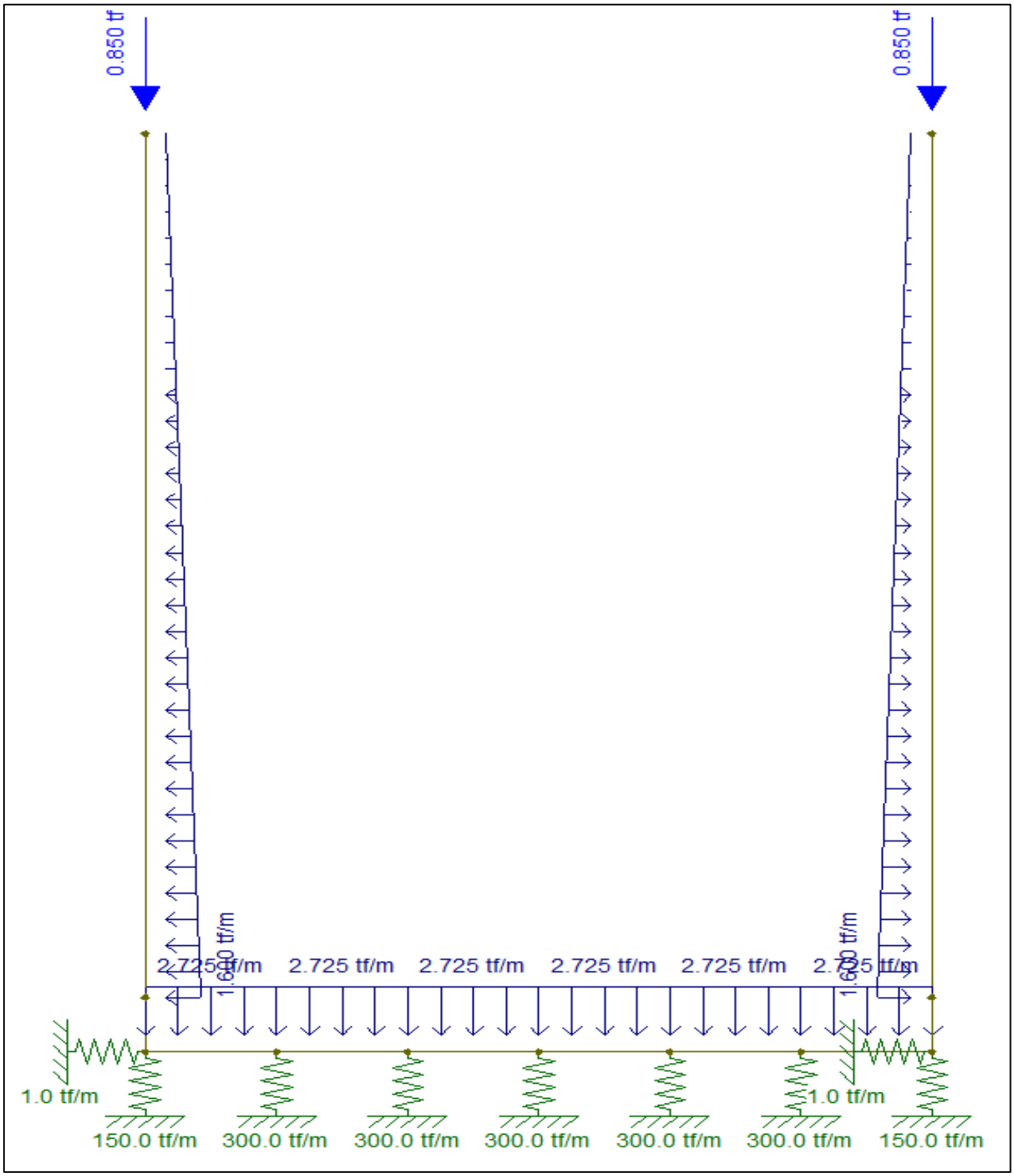
- Deformação máxima horizontal = 0,20 cm
-
- Deformação horizontal limite = 170/150 = 1,13 cm



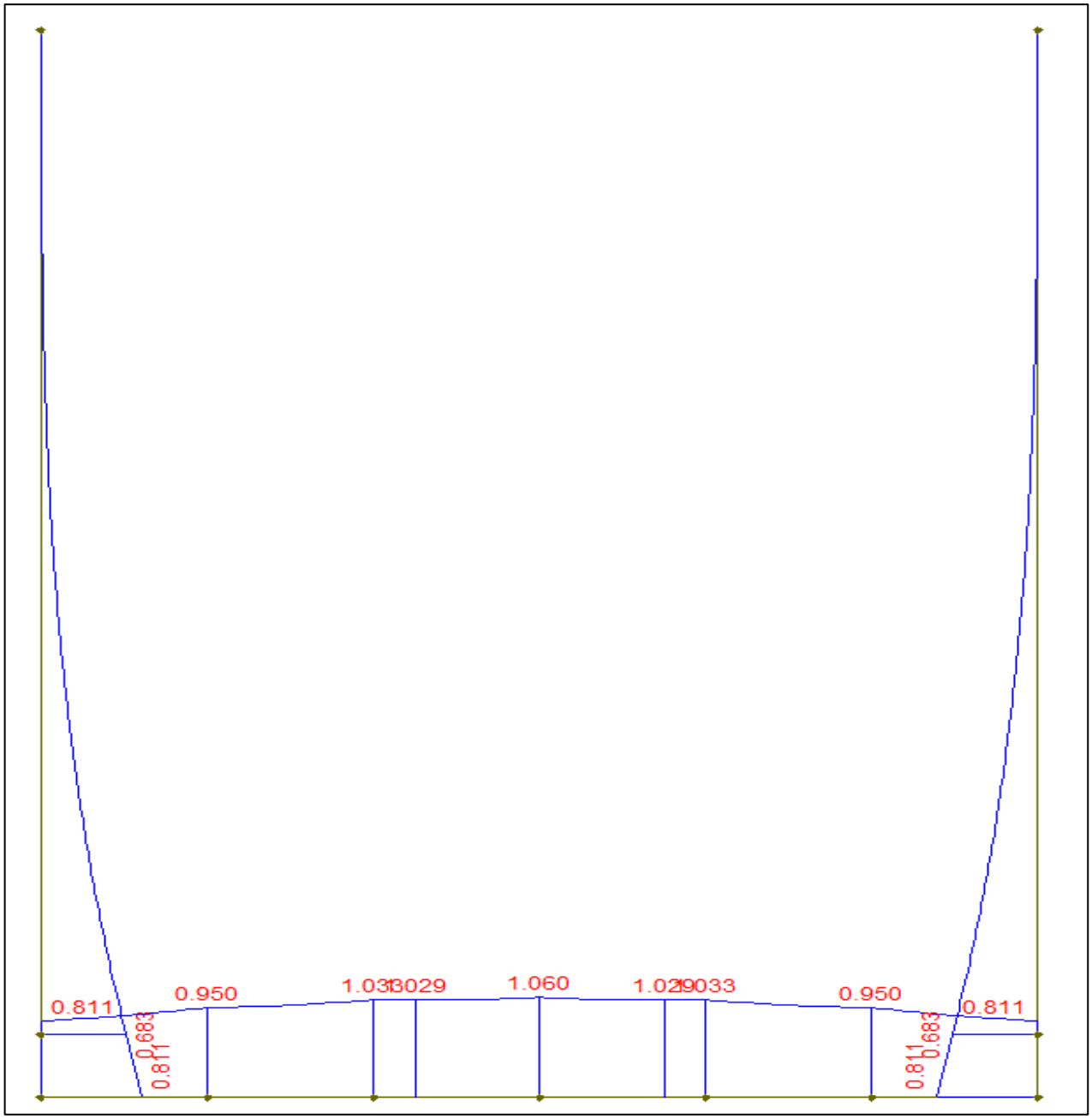
-
- Deformação máxima vertical = 0,177 cm

7.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



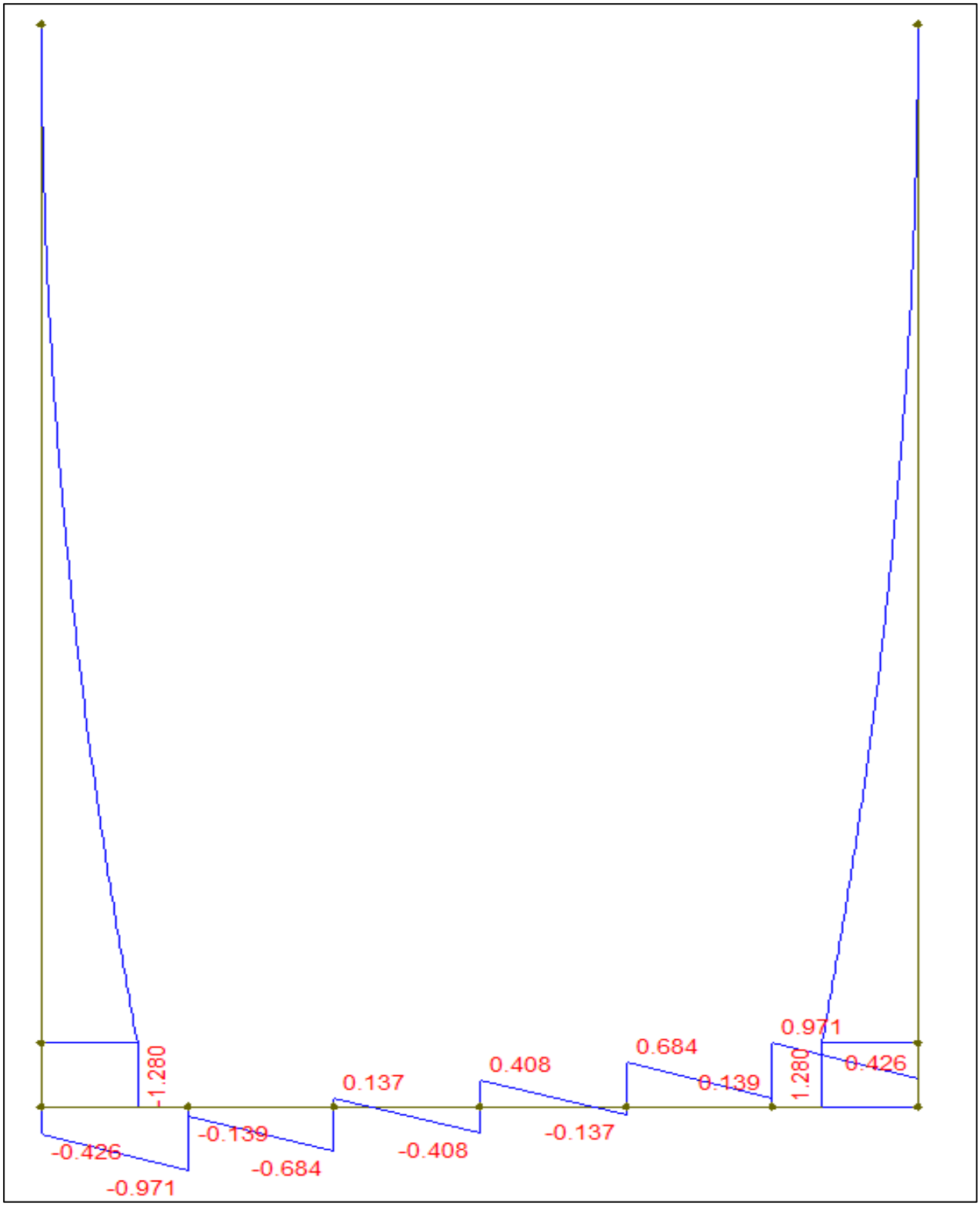
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

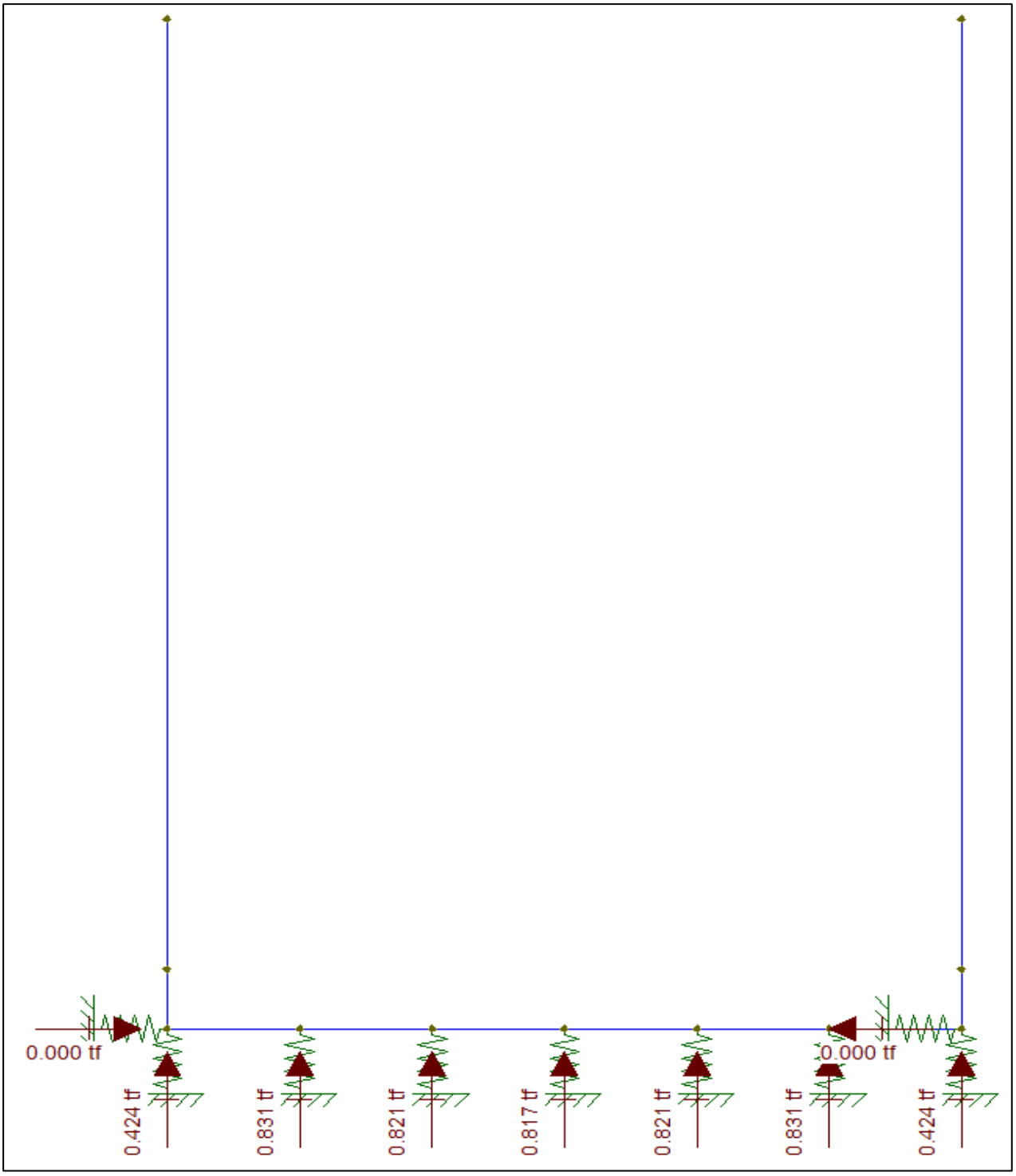
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	1060	50	0,00	2,32	3,16	0,059	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

- Diagrama de Esforço Cortante



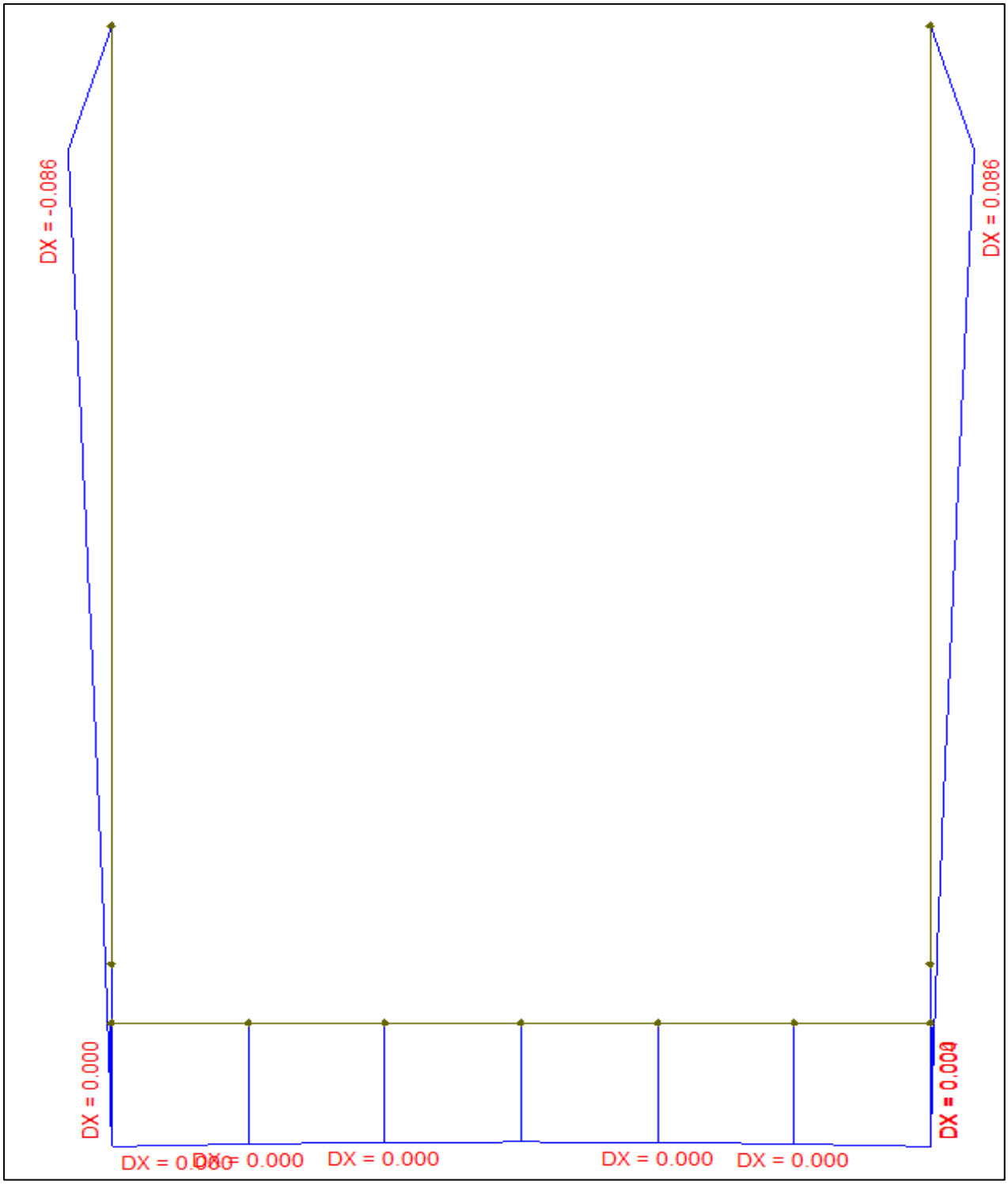
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CANAIS DAS OMBREIRAS CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		12,8	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,200	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,150	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		296	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	94,50	kN
V_d	$V * \gamma_f$	17,92	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

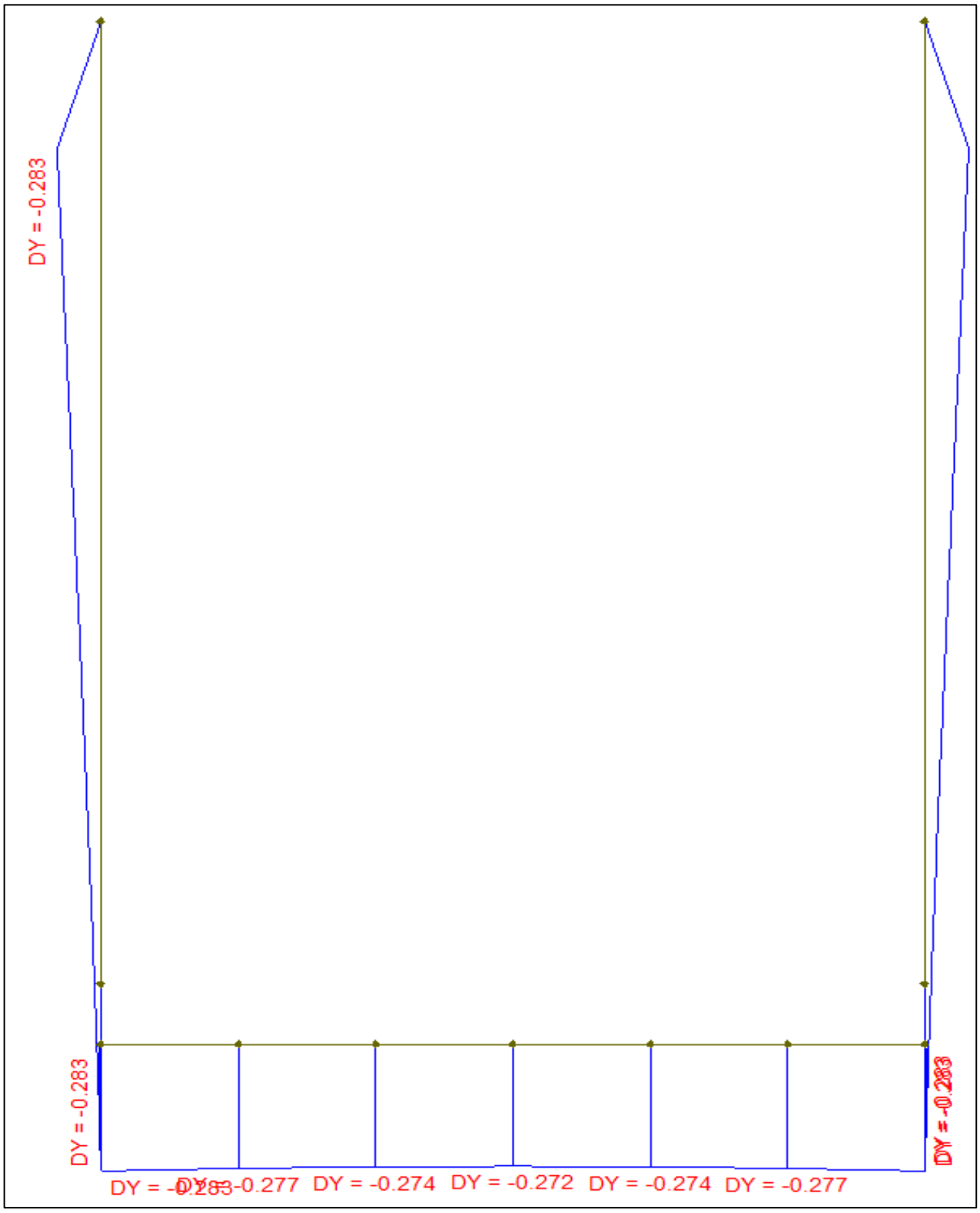


-
-
- Reação máxima = 831 kgf
- Tensão máxima = 831 / (20 x 100) = 0,416 kgf/cm²
-

- Deformações:



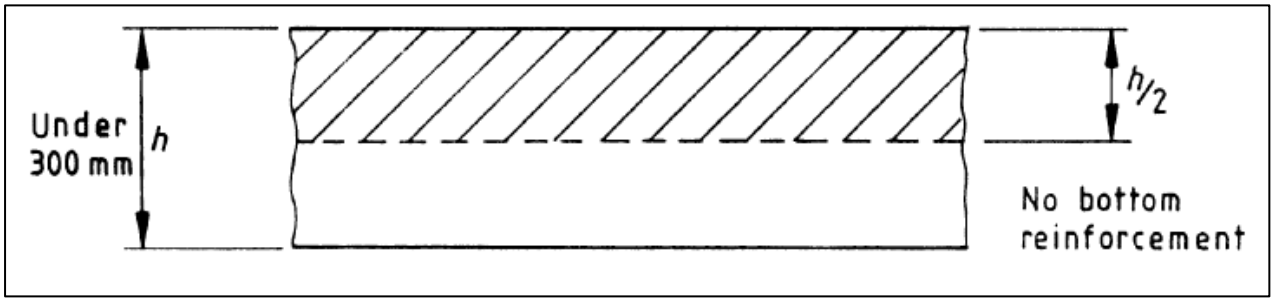
- Deformação máxima horizontal = 0,09 cm
- Deformação horizontal limite = 170/150 = 1,13 cm



-
- Deformação máxima vertical = 0,283 cm

7.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm < h → hsup=h/2 – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para h = 20cm → hsup= 20/2 = 10cm

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

- $A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
- As = 0,8 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (10 cm x 100 cm) / 4000 kgf/cm² =
- As = 4,8 cm² - ø 8 c/10
-

7.5 RESUMO:

- Parede e fundo com espessura de 20 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: ø 8 c/10
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: ø 8 c/10
-

7.6 VERIFICAÇÃO DO DESLIZAMENTO AO LONGO DO CANAL:

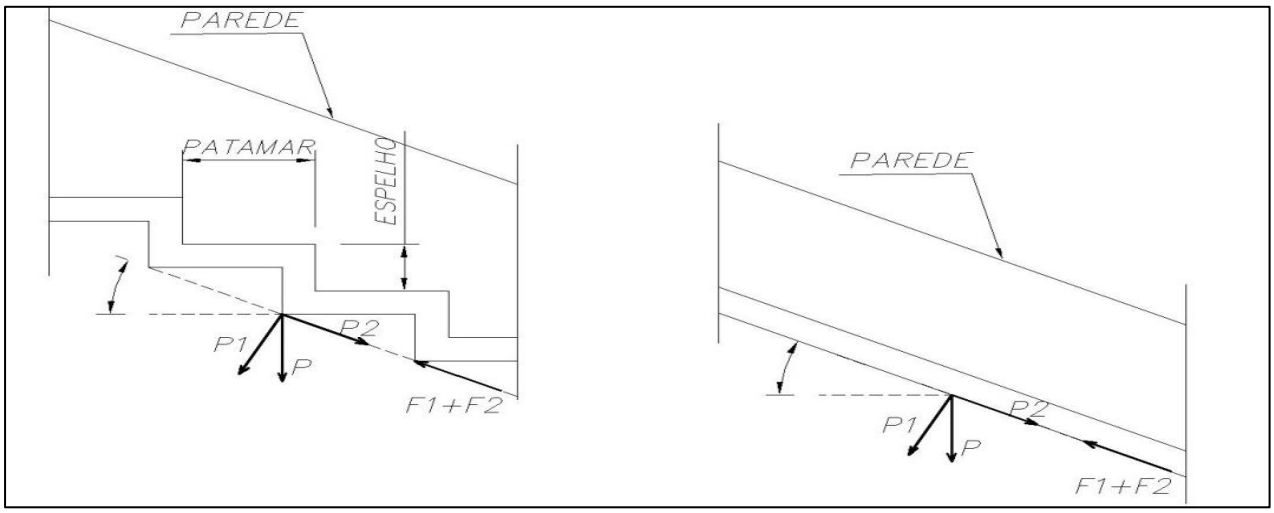
- Coesão do solo em contato com a laje de fundo (c): 0,5 ton/m²
- Fator de redução da parcela referente à coesão: 0,5
- Ângulo de atrito solo x concreto: 20º
-

$$FS = \frac{F_1 + F_2}{P_2} \geq 1{,}5$$

$$FS = \frac{P_1 \; x \; tg(20) + A \; x \; c \; x \; 0{,}7}{P_2} \geq 1{,}5$$

$F_1 = P_1 \; x \; tg(20)$
$F_2 = A \; x \; c \; x \; 0{,}7$
P = peso próprio
P_1 = carga normal ao plano
P_2 = força de deslizamento
φ = ângulo de atrito interno = 30º
A = área de contato com o solo
c = coesão do solo

Abaixo está indicado o equilíbrio das forças, bem como cálculo do fator de segurança para o deslizamento. Onde o fator de segurança ficou abaixo de 1,5 adotou-se as vigas de ancoragem.



γ_{conc}=	2,5	ton/m³			
γ_{solo}=	1,7	ton/m³	c=	5	coesão KPa
Kp =	3,00		φ=	30	ângulo de talude natural
FS =	1,5				

- OMBREIRA DIREITA 1 – OD 01

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)		Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m²/m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	DEGRAU	16,7%	9,5	0,5	1,4	1,01	1,01	1,01	50	300,0	20	0,23	3,34	3,30	0,55	1,20	0,49	3,1
2	DEGRAU	23,8%	13,4	0,5	1,4	1,03	1,03	1,03	50	210,0	20	0,25	3,42	3,33	0,79	1,21	0,49	2,1
3	DEGRAU	16,7%	9,5	0,5	1,4	1,01	1,01	1,01	50	300,0	20	0,23	3,34	3,30	0,55	1,20	0,49	3,1
4	LISO	8,9%	5,1	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,24	0,98	0,49	6,1
5	DEGRAU	27,8%	15,5	0,5	1,4	1,04	1,04	1,04	50	180,0	20	0,26	3,47	3,34	0,93	1,22	0,49	1,8
6	LISO	6,0%	3,4	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,16	0,98	0,49	9,1
7	LISO	1,5%	0,9	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,04	0,98	0,49	35,9
8	DEGRAU	21,3%	12,0	0,5	1,4	1,02	1,02	1,02	50	235,0	20	0,24	3,39	3,32	0,71	1,21	0,49	2,4
9	LISO	0,0%	0,0	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,00	0,98	0,49	-

- OMBREIRA DIREITA 2 – OD 02

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)		Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m²/m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	DEGRAU	29,7%	16,6	0,5	1,4	1,04	1,04	1,04	50	185,0	20	0,25	3,46	3,32	0,99	1,21	0,49	1,7
2	DEGRAU	27,0%	15,1	0,5	1,4	1,04	1,04	1,04	50	185,0	20	0,25	3,46	3,34	0,90	1,22	0,49	1,9
3	DEGRAU	35,7%	19,7	0,5	1,4	1,06	1,06	1,06	50	140,0	20	0,27	3,57	3,37	1,20	1,22	0,49	1,4
4	LISO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	53,4
5	DEGRAU	31,3%	17,4	0,5	1,4	1,05	1,05	1,05	50	160,0	20	0,26	3,51	3,35	1,05	1,22	0,49	1,6
6	DEGRAU	17,5%	10,0	0,5	1,4	1,02	1,02	1,02	50	285,0	20	0,24	3,35	3,30	0,58	1,20	0,49	2,9
7	LISO	1,5%	0,9	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,04	0,98	0,49	36,2
8	DEGRAU	16,4%	9,3	0,5	1,4	1,01	1,01	1,01	50	305,0	20	0,23	3,34	3,30	0,54	1,20	0,49	3,1
9	DEGRAU	21,3%	12,0	0,5	1,4	1,02	1,02	1,02	50	235,0	20	0,24	3,39	3,32	0,71	1,21	0,49	2,4
10	LISO	4,0%	2,3	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,11	0,98	0,49	13,7
11	LISO	1,3%	0,7	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,04	0,98	0,49	41,8
12	LISO	10,0%	5,7	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,27	0,98	0,49	5,5
13	LISO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	52,6
14	LISO	0,0%	0,0	0,5	1,4	1,00	-	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,00	0,98	0,49	-

TRECHO	TIPO	Inclinação	FS	Esforço de deslizamento Ancoragem (ton)	ANCORAGENS	ALTURA Dentes (cm)**	Empuxo Passivo (ton)	Número de dentes a cada 3 degraus (DEVERÁ SER MENOR QUE 1)*	QUANTIDADE DE ANCORAGEM	ALTURA Dentes - FINAL (cm)**	M, ANCORAGEM (EPASSIVO) (ton.m) ***
1	DEGRAU	29,7%	1,7	-1,2		50			-	50	
2	DEGRAU	27,0%	1,9	-2,0		50			-		
3	DEGRAU	35,7%	1,4	0,4	ANCORAR	50	0,89	0,41	4	50	0,2125
4	LISO	1,0%	53,4	-2,9		50			-		
5	DEGRAU	31,3%	1,6	-0,7		50			-	50	
6	DEGRAU	17,5%	2,9	-7,0		50			-		
7	LISO	1,5%	36,2	-2,8		50			-		
8	DEGRAU	16,4%	3,1	-8,0		50			-		
9	DEGRAU	21,3%	2,4	-4,5		50			-		
10	LISO	4,0%	13,7	-2,6		50			-		
11	LISO	1,3%	41,8	-2,8		50			-		
12	LISO	10,0%	5,5	-2,1		50			-		
13	LISO	1,0%	52,6	-2,9		50			-		
14	LISO	0,0%	-	-2,9		50			-		

ARMAÇÃO DAS VIGAS DE ANCORAGENS (h=50 cm)

Verificação da resistência da seção quanto à aplicação do esforço de deslizamento:

De acordo com o FIB 2007, a força de ruptura da armação pode ser calculada considerando a seguinte equação:

$$Fp = c1\ x\ ø^2 x\ \sqrt{fyd\ x\ fcd}\ \leq As\ x\ fyd/\sqrt{3}$$

Onde, para uma barra:

c1 = coeficiente para consideração do efeito de compressão tri-axial (1,3)

$$Fp = 1{,}3\ x\ 0{,}80^2 x\ \sqrt{43{,}5\ x\ 2{,}14} = 8{,}03\ kN$$

$$Fplim = 0{,}503\ x \frac{43{,}5}{\sqrt{3}} = 12{,}63\ kN$$

$$Fp\ \leq Fplim\ \rightarrow ok!$$

Para o maior valor do esforço de deslizamento (TRECHO 3 - OD-02) na ancoragem teremos:

$$P_{2d} = 1{,}40\ x\ 0{,}4 = 0{,}56\ tf = 5{,}6\ kN$$

Como a armação adotada é 14 ø8 c/10, a força resistente à ruptura é igual a:

$$Fp = 14\ x\ 8{,}03\ kN = 112{,}4\ kN\ \geq P_{2d} = 5{,}6\ kN\ \rightarrow ok!$$

Momento na ancoragem devido ao empuxo passivo:

M=0,213 tfm/m

- f_{ck}(Mpa)= 30 | d' (cm)= 5 | Usar As_{min} de Norma? s
  w_k= 0,2 mm | Espaçamento máximo = 20 cm
  Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

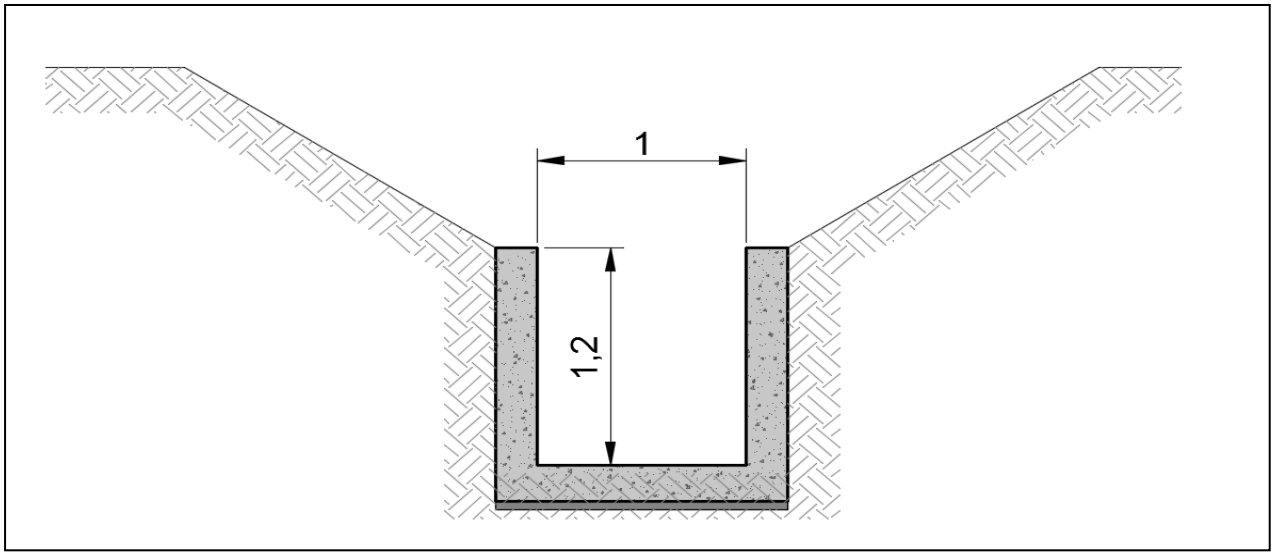
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	213	50	0,00	0,46	3,16	0,002	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

Adotado ø 8 c/10, para espessura da ancoragem de 20cm.

- OMBREIRA ESQUERDA – H=1,0m

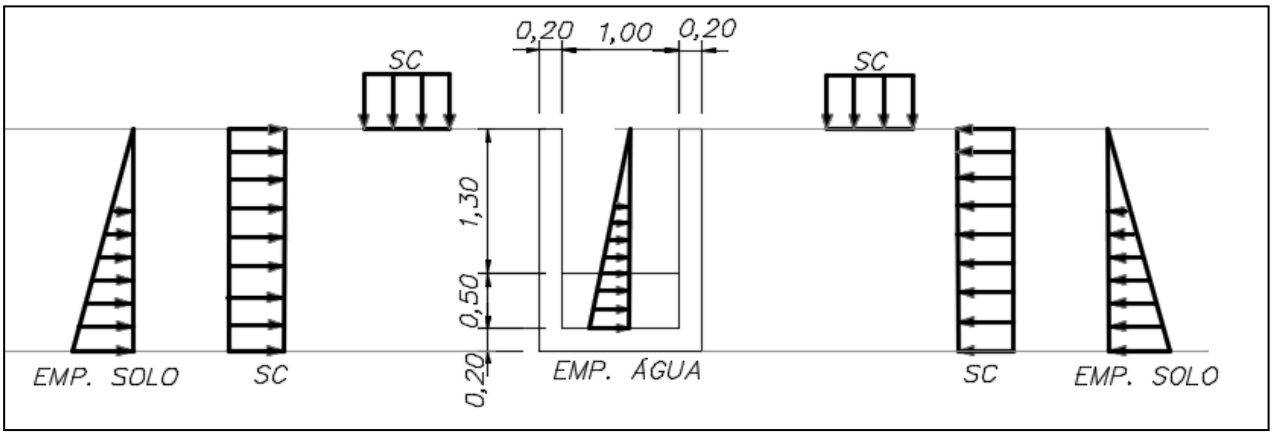
TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)	Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m²/m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	DEGRAU	17,9%	10,1	0,5	1,4	1,02	1,02	50	280,0	20	0,24	3,36	3,30	0,59	1,20	0,49	**2,9**
2	LISO	1,5%	0,9	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,04	0,98	0,49	**36,2**
3	DEGRAU	15,6%	8,9	0,5	1,4	1,01	1,01	50	320,0	20	0,23	3,33	3,29	0,51	1,20	0,49	**3,3**
4	DEGRAU	12,2%	7,0	0,5	1,4	1,01	1,01	50	410,0	20	0,22	3,30	3,28	0,40	1,19	0,49	**4,2**
5	LISO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	**52,8**
6	TRILHO	1,0%	0,5	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	**57,3**
7	LISO	1,2%	0,7	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	**47,0**
11	LISO	0,8%	0,4	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,02	0,98	0,49	**70,9**
12	TRILHO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	**53,5**
13	DEGRAU	16,1%	9,2	0,5	1,4	1,01	1,01	50	310,0	20	0,23	3,34	3,30	0,53	1,20	0,49	**3,2**
14	LISO	9,0%	5,1	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,24	0,98	0,49	**6,1**
15	DEGRAU	15,3%	8,7	0,5	1,4	1,01	1,01	50	327,5	20	0,23	3,33	3,29	0,50	1,20	0,49	**3,4**
16	LISO	9,0%	5,1	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,24	0,98	0,49	**6,1**
17	TRILHO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	**52,0**
18	DEGRAU	15,6%	8,9	0,5	1,4	1,01	1,01	50	320,0	20	0,23	3,33	3,29	0,51	1,20	0,49	**3,3**
19	LISO	5,0%	2,9	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,13	0,98	0,49	**10,9**
20	DEGRAU	22,7%	12,8	0,5	1,4	1,03	1,03	50	220,0	20	0,25	3,41	3,33	0,76	1,21	0,49	**2,2**
21	LISO	7,0%	4,0	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,19	0,98	0,49	**7,8**
22	LISO	1,7%	1,0	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,05	0,98	0,49	**32,5**
23	TRILHO	2,1%	1,2	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,06	0,98	0,49	**26,3**
24	LISO	1,9%	1,1	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,05	0,98	0,49	**28,4**
25	DEGRAU	14,3%	8,1	0,5	1,4	1,01	1,01	50	350,0	20	0,23	3,32	3,29	0,47	1,20	0,49	**3,6**
26	TRILHO	2,1%	1,2	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,06	0,98	0,49	**26,0**
27	LISO	2,0%	1,1	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,05	0,98	0,49	**27,6**
28	DEGRAU	13,5%	7,7	0,5	1,4	1,01	1,01	50	370,0	20	0,23	3,31	3,28	0,44	1,19	0,49	**3,8**
29	LISO	6,4%	3,7	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,17	0,98	0,49	**8,5**
30	DEGRAU	13,6%	7,7	0,5	1,4	1,01	1,01	50	370,0	20	0,23	3,31	3,28	0,44	1,19	0,49	**3,8**
31	TRILHO	8,1%	4,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,69	0,22	0,98	0,49	**6,8**
32	LISO	1,0%	0,6	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,03	0,98	0,49	**55,2**
33	LISO	0,0%	0,0	0,5	1,4	1,00	1,00	50	-	20		2,70	2,70	0,00	0,98	0,49	-

8.0 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS DA OMBREIRA ESQUERDA H=1,20M



8.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-



-
-
- Empuxo do Solo = γ x h x Ka = 1,7 x 1,90 x 0,750 = 2,423 tf/m²
- Sobrecarga = sc x Ka = 1,0 x 0,750 = 0,750 tf/m²
- Empuxo da Água = γ x h = 1,0 x 1,80 = 1,80 tf/m²
- Peso próprio das paredes = 2,5 x 0,20 x 1,90 = 0,95 tf/m
- Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,45 = 1,125 tf/m²
-
- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

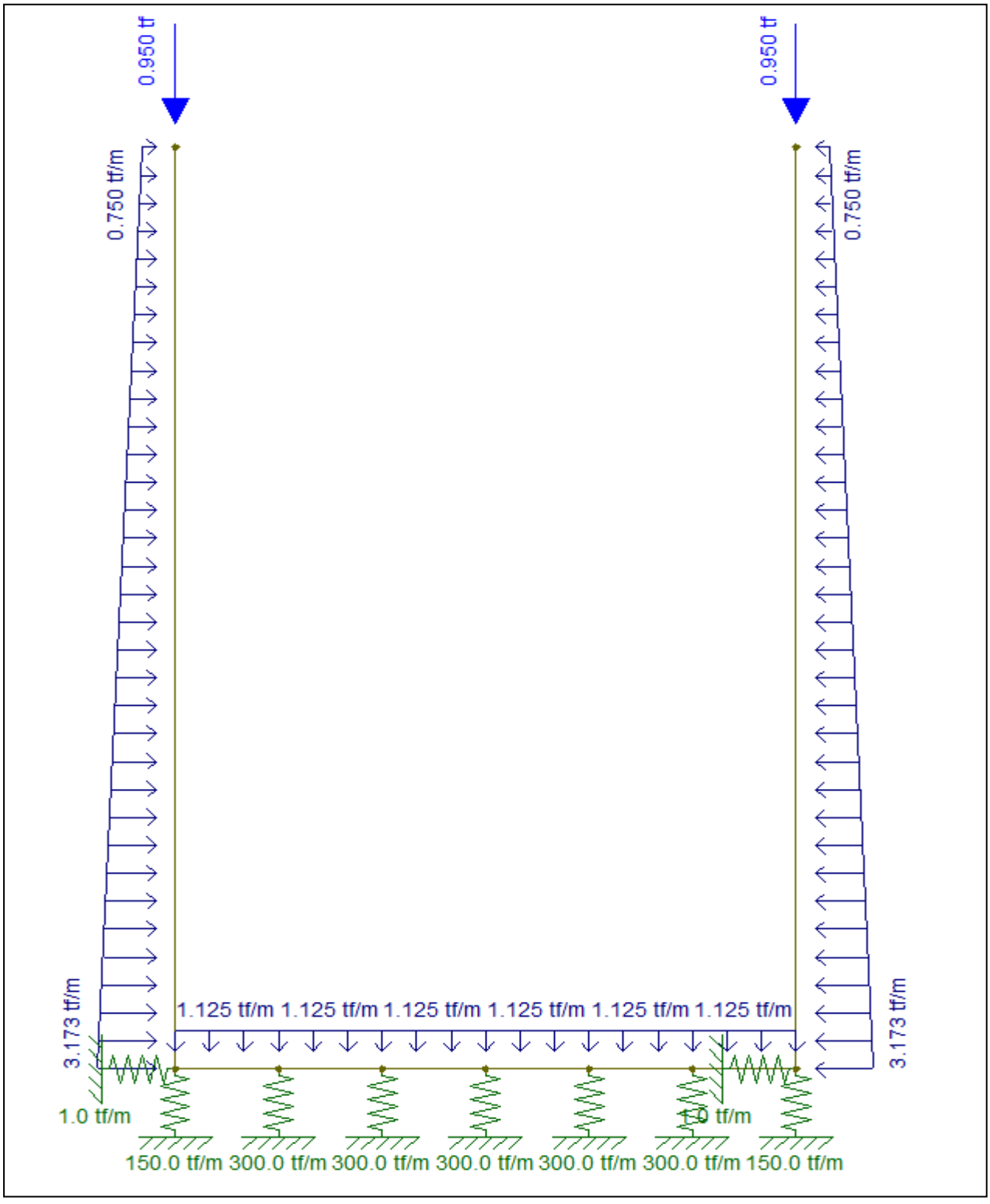
- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15MPa/m$.

Para a distância entre nós de 20 cm temos:

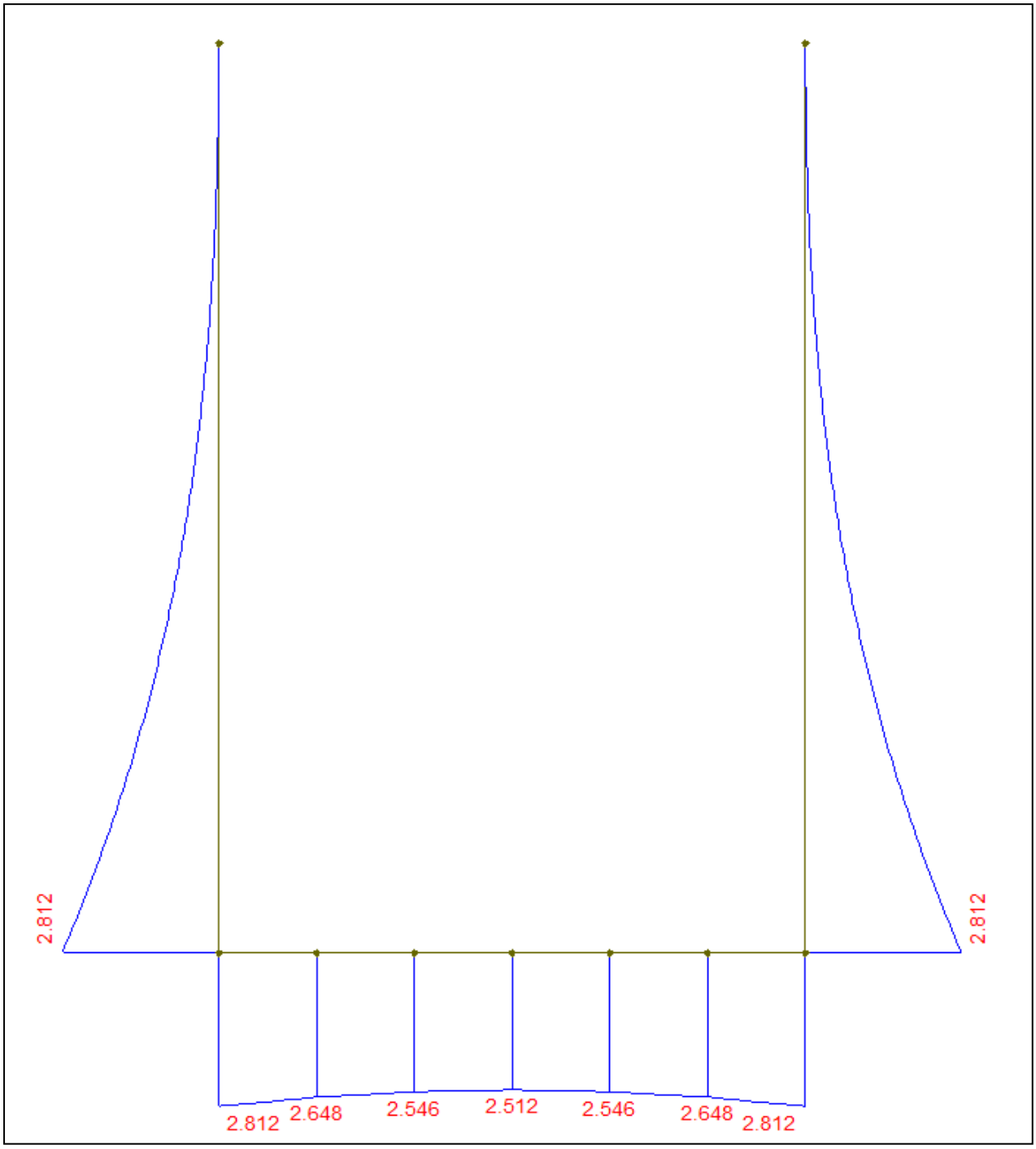
$1500tf/m^3 x\ 0{,}20m\ x\ 1{,}0m = 300\ tf/m$

8.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



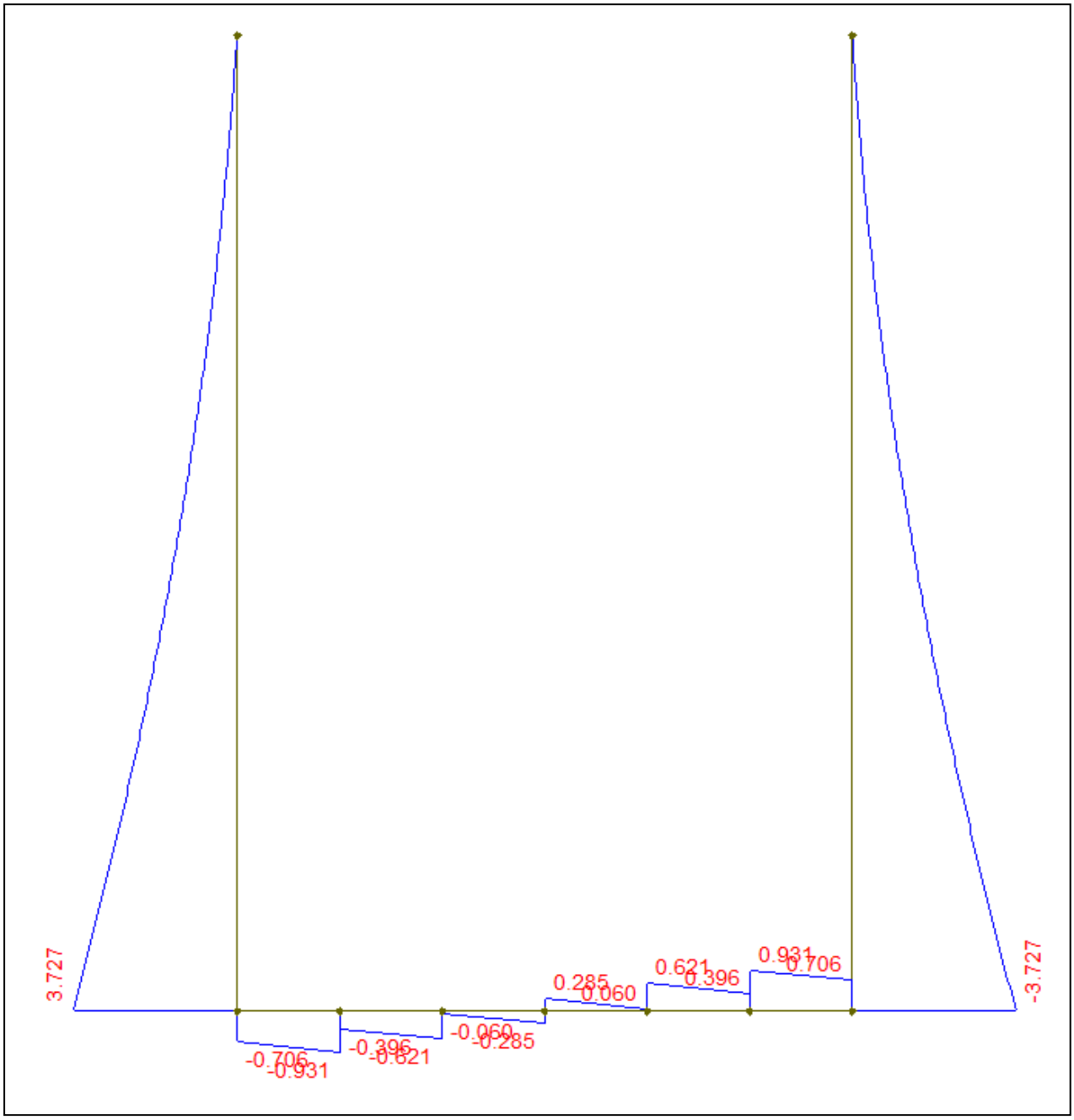
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

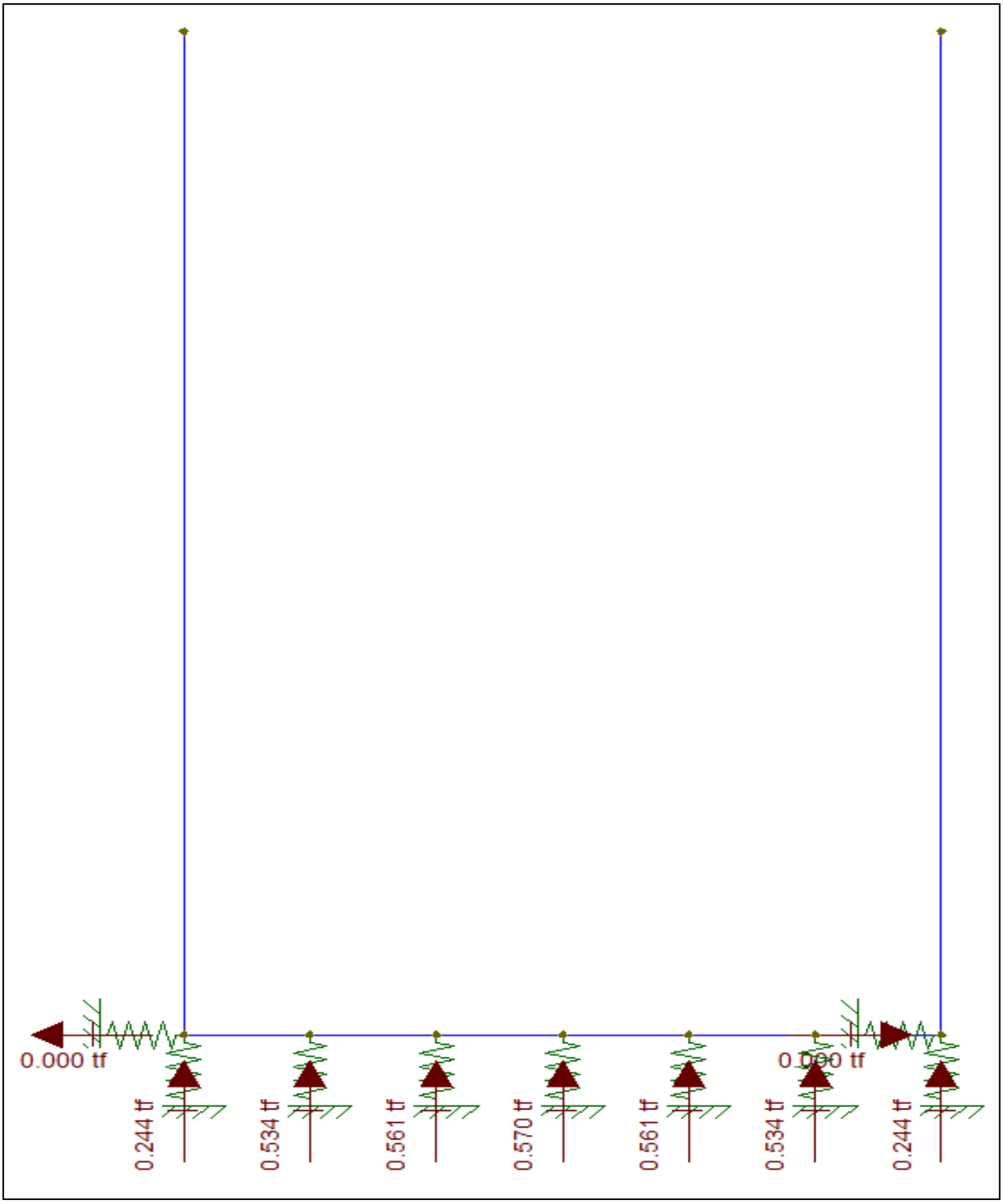
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	2812	50	0,00	6,36	6,36	0,137	10	12,4	ø 10,0 c/ 12,0

- Diagrama de Esforço Cortante



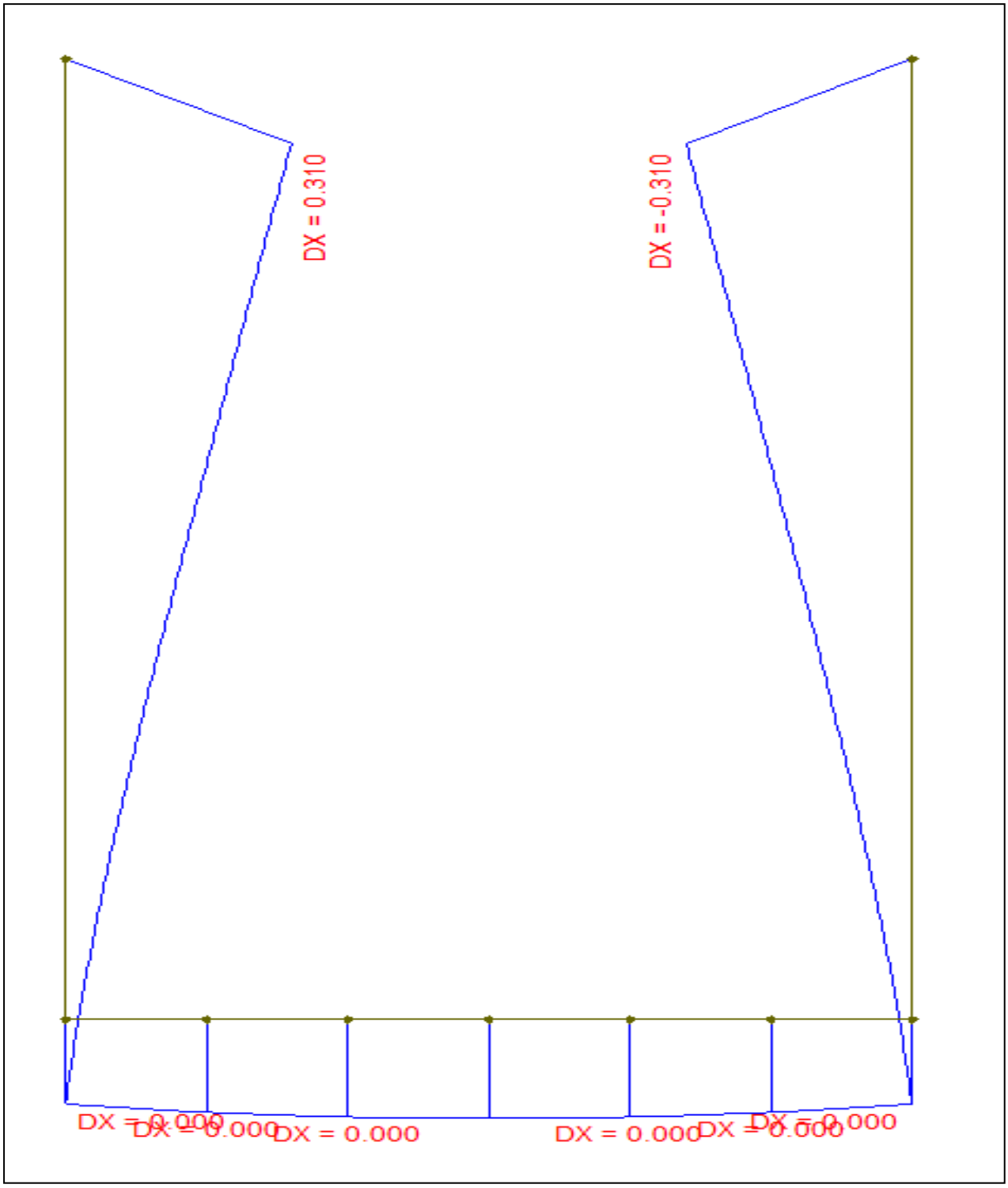
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		37,3	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,200	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,150	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		296	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	94,50	kN
V_d	$V * \gamma_f$	52,22	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

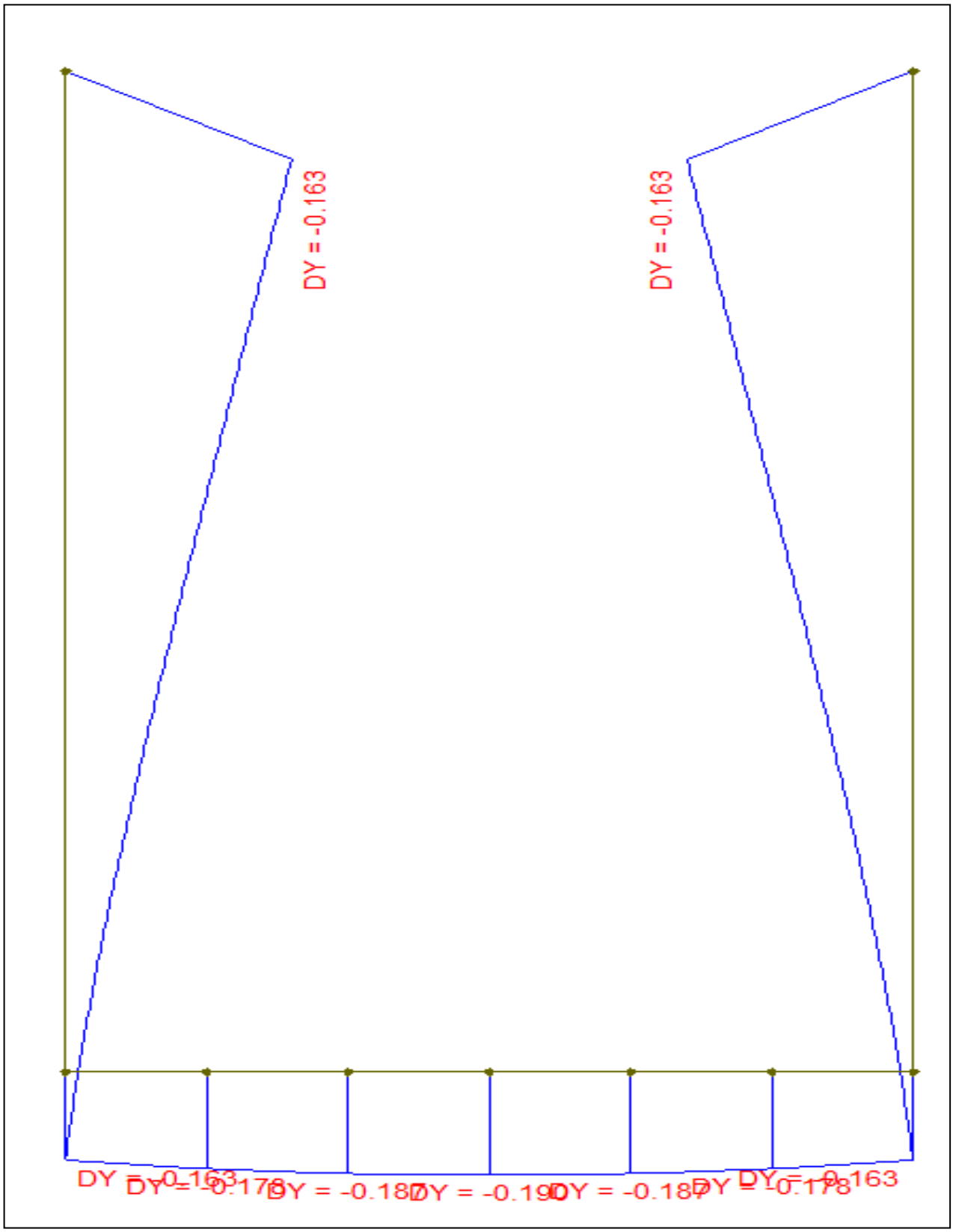


-
-
- Reação máxima = 570 kgf
- Tensão máxima = 570 / (20 x 100) = 0,285 kgf/cm²

- Deformações:



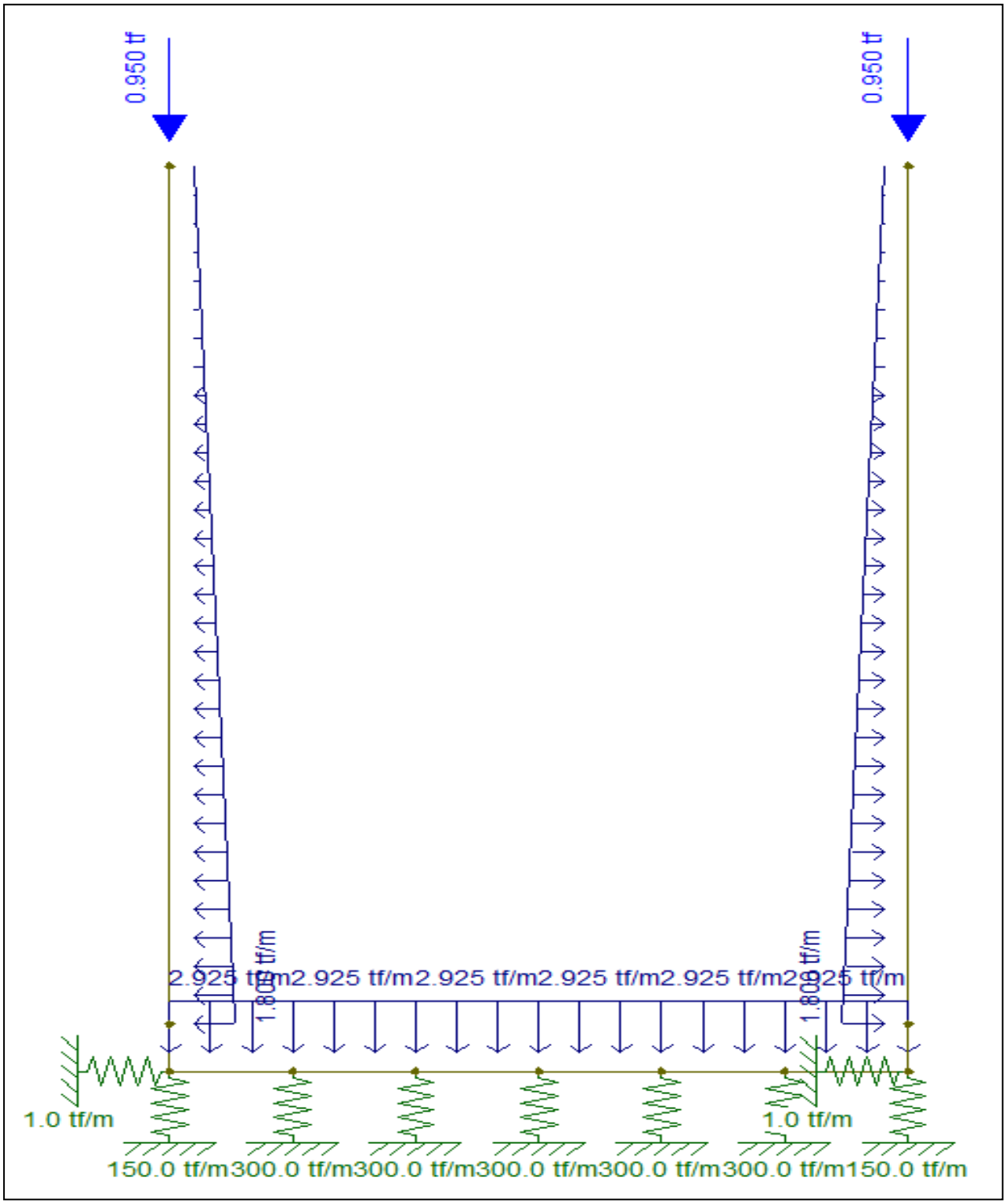
- Deformação máxima horizontal = 0,31 cm
- Deformação horizontal limite = 190/150 = 1,27 cm
-



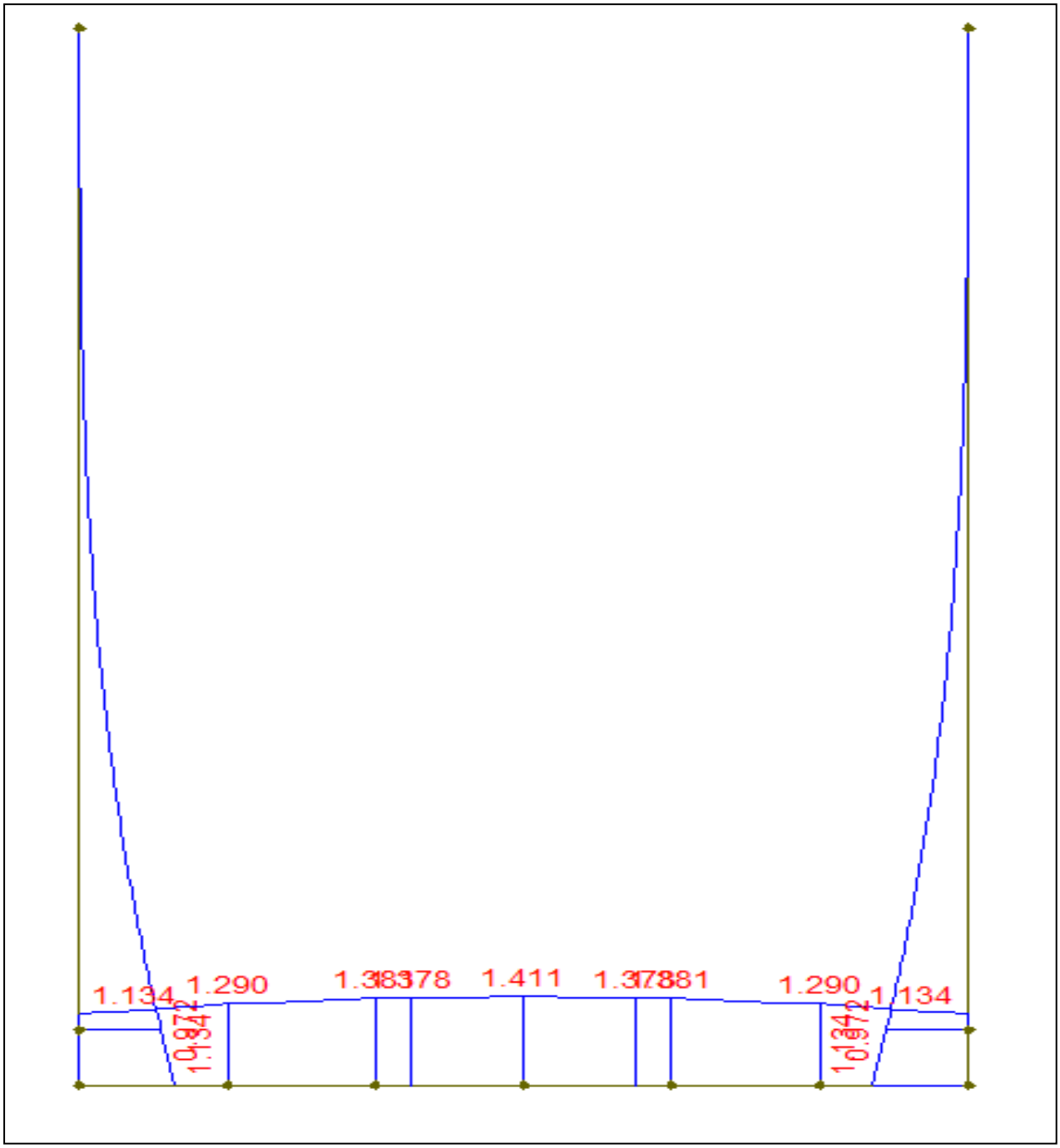
-
- Deformação máxima vertical = 0,190 cm

8.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



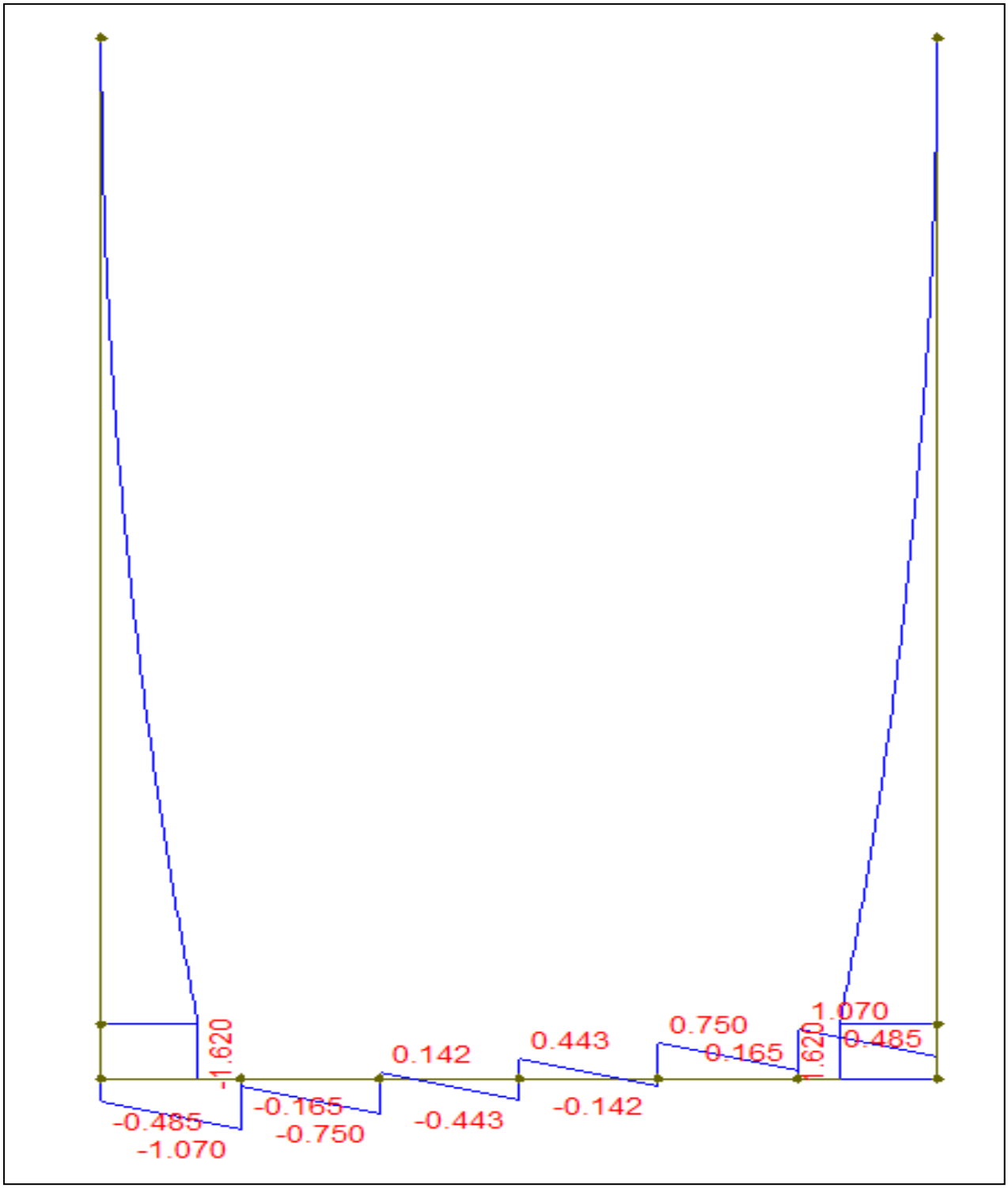
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

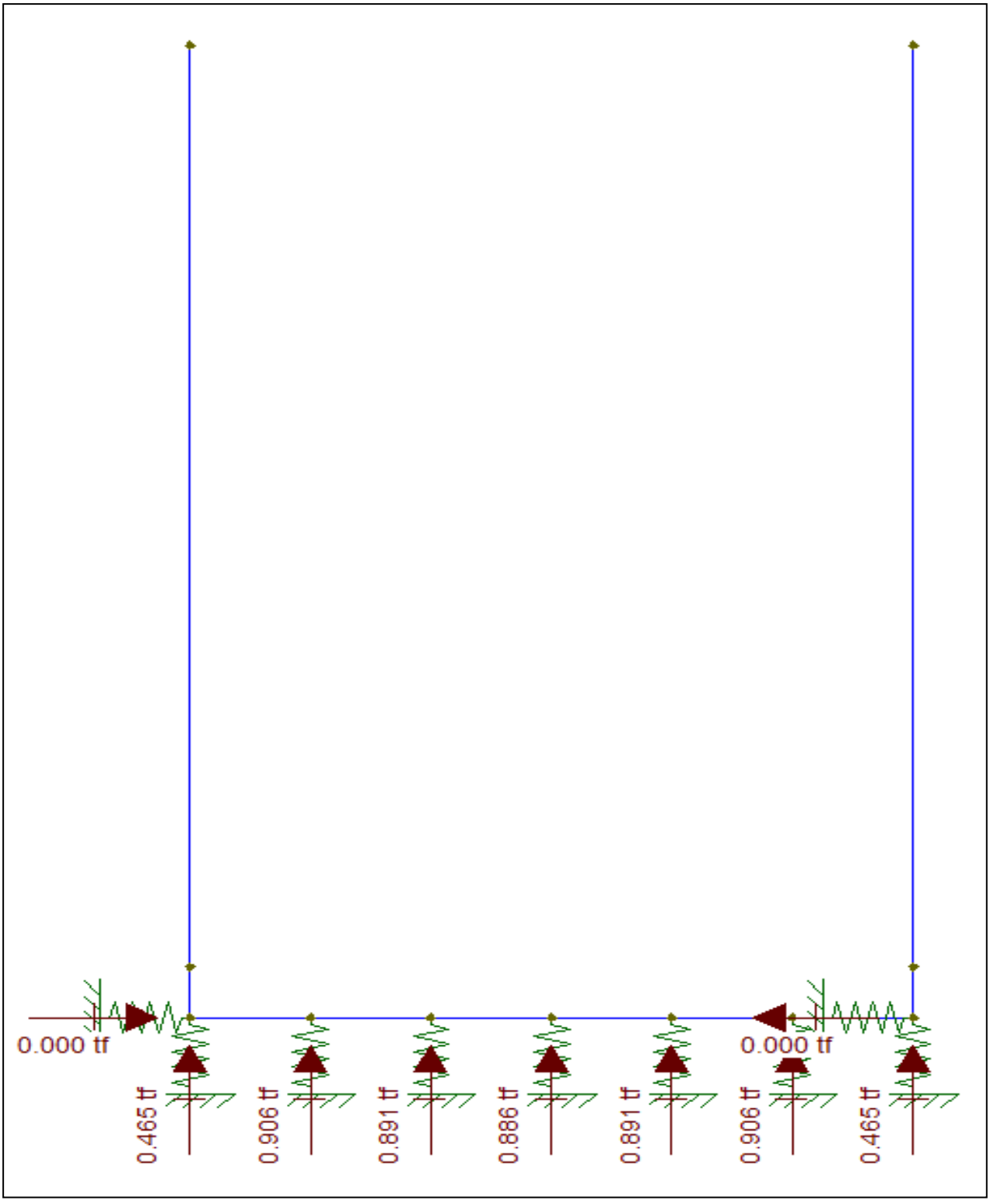
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	1411	50	0,00	3,11	3,16	0,106	10	24,9	ø 10,0 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante



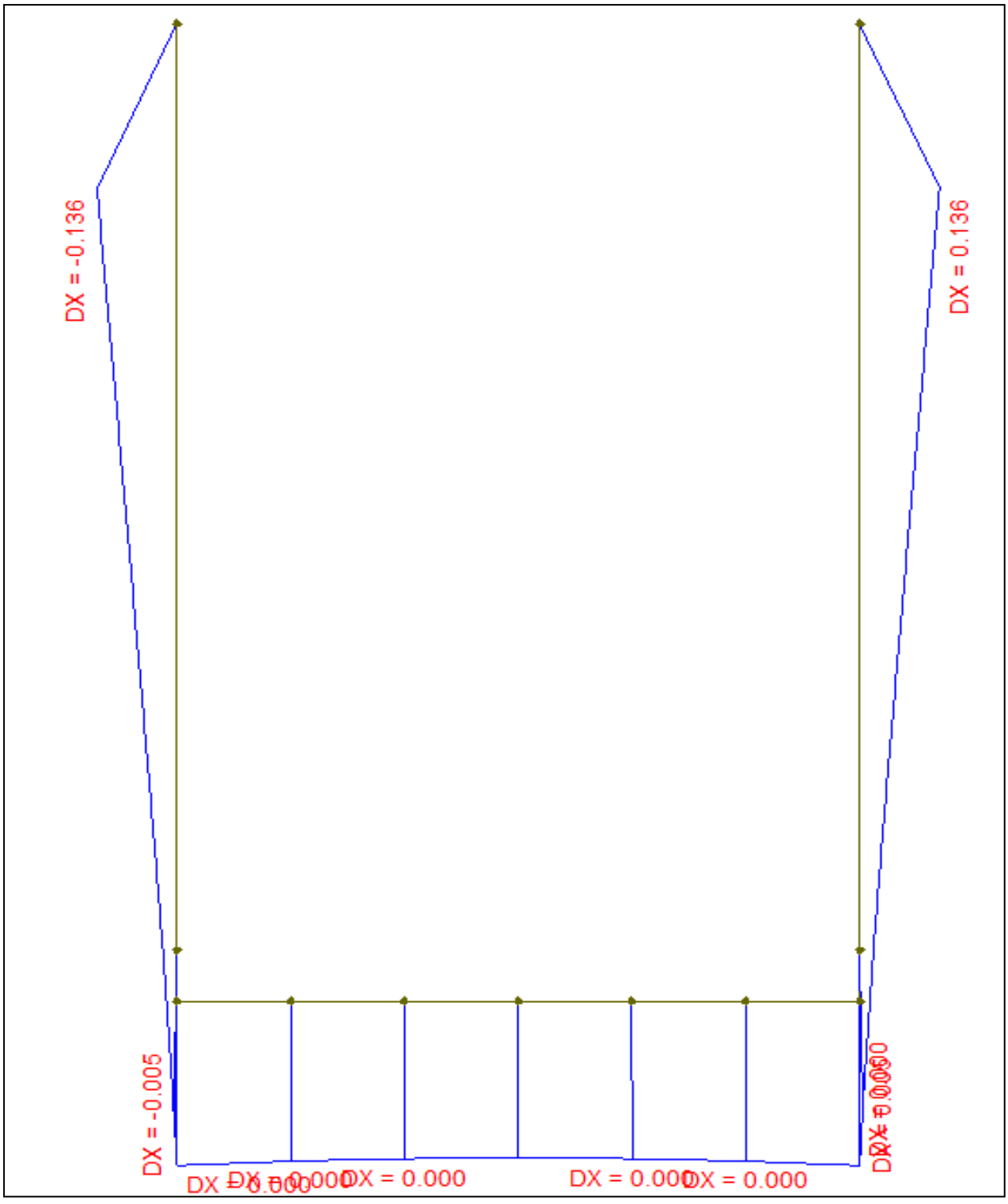
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		16,2	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,200	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,150	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		296	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	94,50	kN
V_d	$V * \gamma_f$	22,68	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:



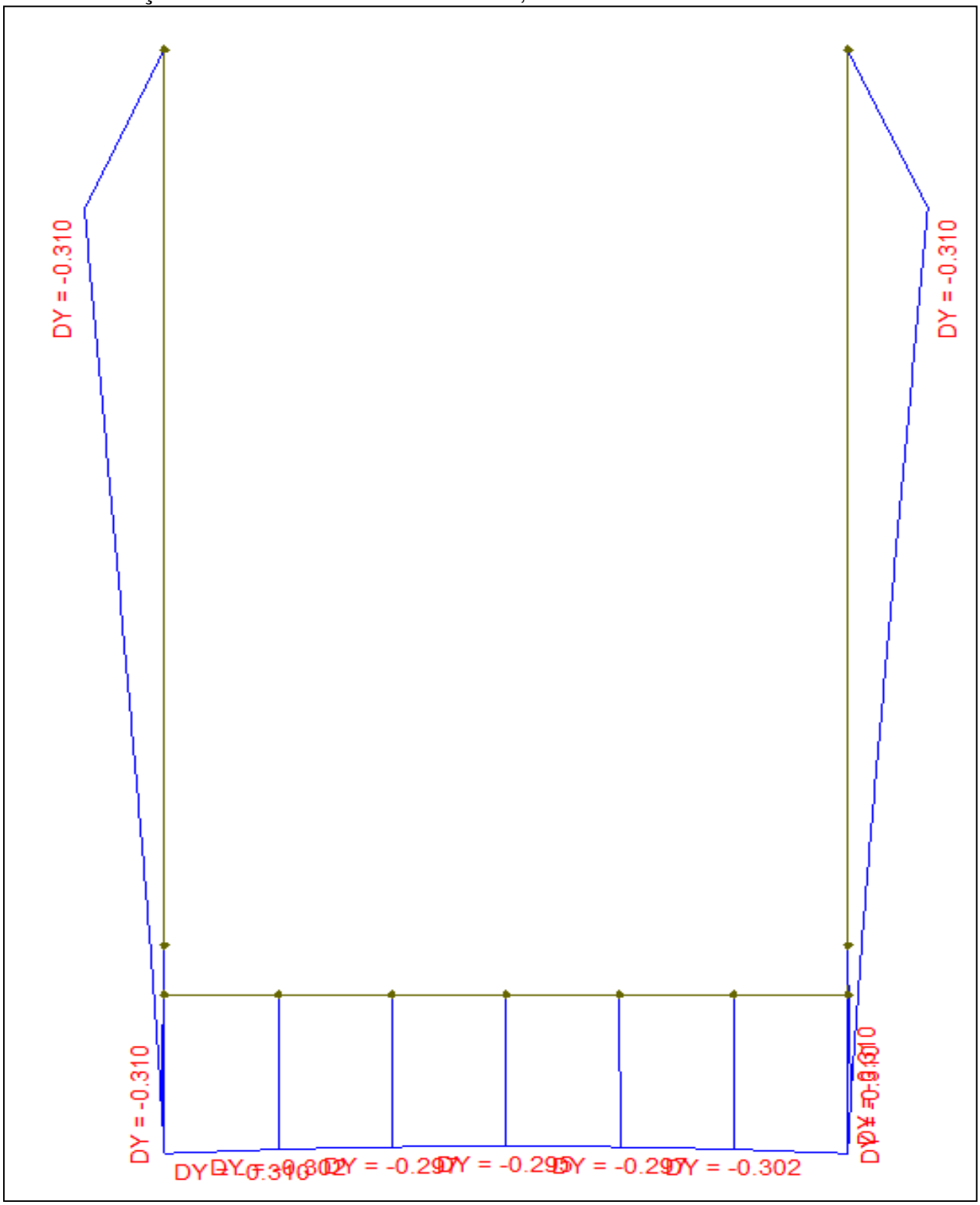
- Reação máxima = 906 kgf

- Tensão máxima = 906 / (20 x 100) = 0,453 kgf/cm²
- Deformações:



- Deformação máxima horizontal = 0,136 cm

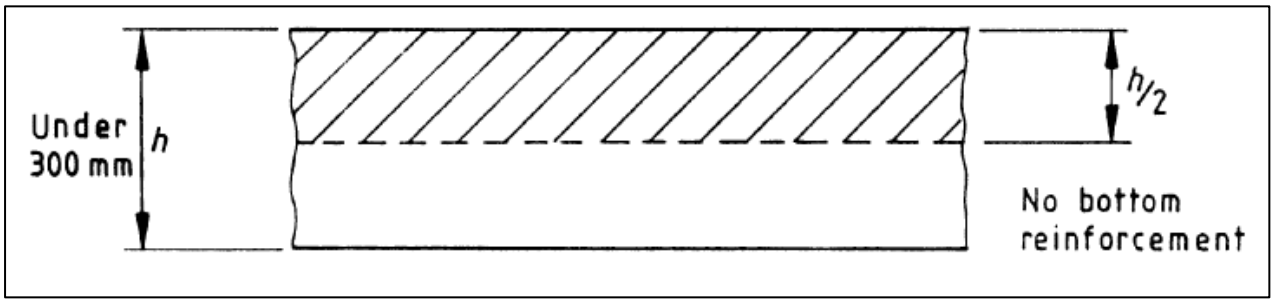
- Deformação horizontal limite = 190/150 = 1,27 cm



-
- Deformação máxima vertical = 0,310 cm
-

8.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm < h → hsup=h/2 – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para h = 20cm → hsup= 20/2 = 10cm

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

- $A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
- A_s = 0,8 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (10 cm x 100 cm) / 4000 kgf/cm² =
- A_s = 4,8 cm² - ø 8 c/10
- As = k kcfct,ef Act / σ_s
- As = 0,8 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (10 cm x 100 cm) / 3600 kgf/cm² =
- A_s = 5,33 cm² - ø 10 c/14

8.5 RESUMO:

- Parede e fundo com espessura de 20 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: ø 10 c/10
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: ø 8 c/10

8.6 VERIFICAÇÃO DO DESLIZAMENTO AO LONGO DO CANAL:

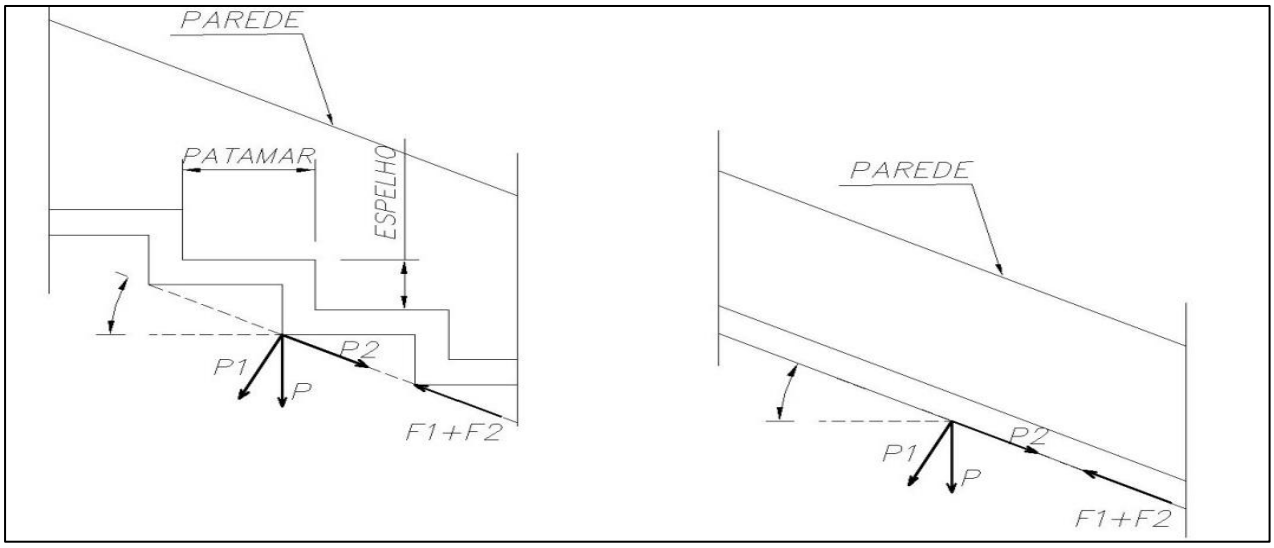
- Coesão do solo em contato com a laje de fundo (c): 0,5 ton/m²
- Fator de redução da parcela referente à coesão: 0,5
- Ângulo de atrito solo x concreto: 20º
-

$$FS = \frac{F_1 + F_2}{P_2} \geq 1{,}5$$

$$FS = \frac{P_1 \; x \; tg(20) + A \; x \; c \; x \; 0{,}7}{P_2} \geq 1{,}5$$

$F_1 = P_1 \; x \; tg(20)$
$F_2 = A \; x \; c \; x \; 0{,}7$
P = peso próprio
P_1 = carga normal ao plano
P_2 = força de deslizamento
φ = ângulo de atrito interno = 30º
A = área de contato com o solo
c = coesão do solo

Abaixo está indicado o equilíbrio das forças, bem como cálculo do fator de segurança para o deslizamento. Onde o fator de segurança ficou abaixo de 1,5 adotou-se as vigas de ancoragem.



γ_{conc}=	2,5	ton/m³			
γ_{solo}=	1,7	ton/m³	c=	5	coesão KPa
Kp =	3,00		φ=	30	ângulo de talude natural
FS =	1,5				

- OMBREIRA ESQUERDA H=1,20

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)	Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m²/m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
8	DEGRAU	41,7%	22,6	0,5	1,4	1,30	1,30	50	120,0	20	0,28	4,09	3,78	1,57	1,37	0,49	**1,2**
9	DEGRAU	13,2%	7,5	0,5	1,4	1,21	1,21	50	380,0	20	0,23	3,71	3,68	0,48	1,34	0,49	**3,8**
10	DEGRAU	19,2%	10,9	0,5	1,4	1,22	1,22	50	260,0	20	0,24	3,78	3,71	0,71	1,35	0,49	**2,6**

TRECHO	TIPO	Inclinação	FS	Esforço de deslizamento Ancoragem (ton)	ANCORAGENS	ALTURA Dentes (cm)**	Empuxo Passivo (ton)	Número de dentes a cada 3 degraus (DEVERÁ SER MENOR QUE 1)*	QUANTIDADE DE ANCORAGEM	ALTURA Dentes - FINAL (cm)**	M. ANCORAGEM (EPASSIVO) (ton.m) ***
8	DEGRAU	41,7%	**1,2**	**1,8**	ANCORAR	75	1,85	0,96	4	75	0,662
9	DEGRAU	13,2%	**3,8**	**-12,6**		75			-		
10	DEGRAU	19,2%	**2,6**	**-6,0**		75			-		

ARMAÇÃO DAS VIGAS DE ANCORAGENS (h=75 cm)

Verificação da resistência da seção quanto à aplicação do esforço de deslizamento:

De acordo com o FIB 2007, a força de ruptura da armação pode ser calculada considerando a seguinte equação:

$$Fp = c1\ x\ \text{ø}^2 x\ \sqrt{fyd\ x\ fcd}\ \leq As\ x\ fyd/\sqrt{3}$$

Onde, para uma barra:
c1 = coeficiente para consideração do efeito de compressão tri-axial (1,3)

$$Fp = 1{,}3\ x\ 0{,}80^2 x\ \sqrt{43{,}5\ x\ 2{,}14} = 8{,}03\ kN$$

$$Fplim = 0{,}503\ x \frac{43{,}5}{\sqrt{3}} = 12{,}63\ kN$$

$$Fp\ \leq Fplim\ \rightarrow ok!$$

Para o maior valor do esforço de deslizamento (TRECHO 8- OE) na ancoragem teremos:

$$P_{2d} = 1{,}40\ x\ 1{,}8 = 2{,}52\ tf = 25{,}2\ kN$$

Como a armação adotada é 14 ø8 c/10, a força resistente à ruptura é igual a:

$$Fp = 14\ x\ 8{,}03\ kN = 112{,}42\ kN\ \geq P_{2d} = 25{,}2\ kN\ \rightarrow ok!$$

Momento na ancoragem devido ao empuxo passivo:

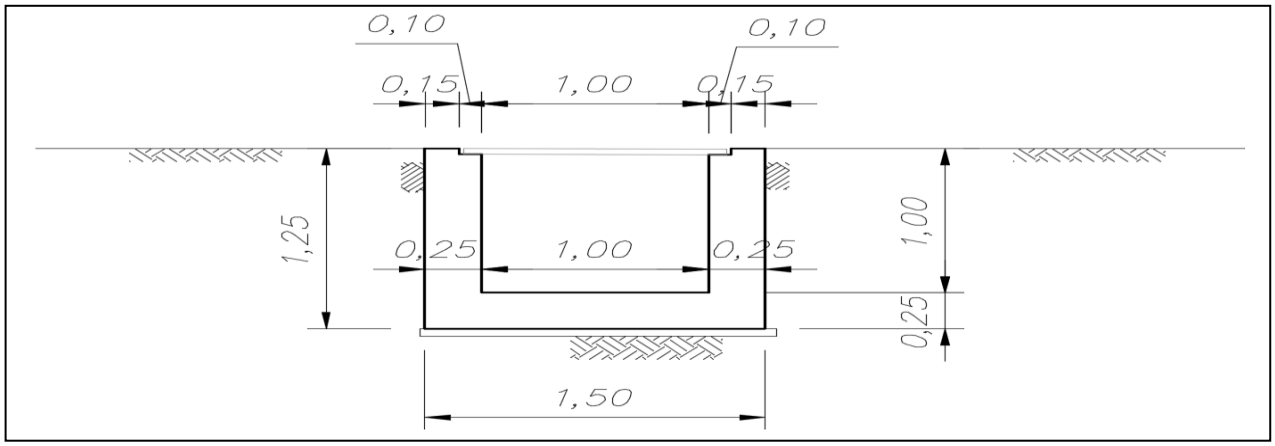
M=0,662 tfm/m

- f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s
  w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm
  Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	662	50	0,00	1,44	3,16	0,023	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

Adotado ø 8 c/10, para espessura da ancoragem de 20cm.

9.0 DIMENSIONAMENTO DA OMBREIRA ESQUERDA - TRECHO COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS - H=1,00



Será considerado passagem de veículo categoria II da NBR 6120:



Figura 6.2 – Eixo-tipo simples para verificação de cargas concentradas – Categoria II

Tabela 6.4 – Ações em garagens e demais áreas de circulação de veículos

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Categoria	PBT (kN)	Carga uniformemente distribuída (kN/m²)	Altura máx. (m)	Cargas concentradas Q_k (kN)	Força horizontal F_x (kN) [e]	Força horizontal F_y (kN) [e]	Altura H de aplicação das forças F_x e F_y (m) [e]
I [a]	≤ 30	3	2,3	12 [b]	100	50	0,5
II [f]	≤ 90	5	2,6	60 (Fig. 6.2)	180	90	0,5
III	≤ 160	7	3,0	100 (Fig. 6.3)	240	120	1,0
IV	> 160	10	> 3,0	170 (Fig. 6.4) 255 (Fig. 6.5)	320	160	1,0
V [c]	≤ 230	10	≥ 4,5	170 (Fig. 6.4)	320 [d]	160 [d]	1,0 [d]

Não será considerado o espraiamento da carga pois não há camada de solo sobre o Canal.

-

- Carga do veículo = 60 kN = 6 tf
- Carga por roda = 3,0 tf
- Carga uniformemente distribuida = 5 tf/m²
- P = 3,0 x$\frac{1,5}{1,4}$x 1,3 = 4,2 tf
- Serão feitas quatro verificações:
- Canal vazio com a roda na extremidade
- Canal vazio com a roda no centro
- Canal cheio de água com a roda na extremidade
- Canal cheio de água com a roda no centro

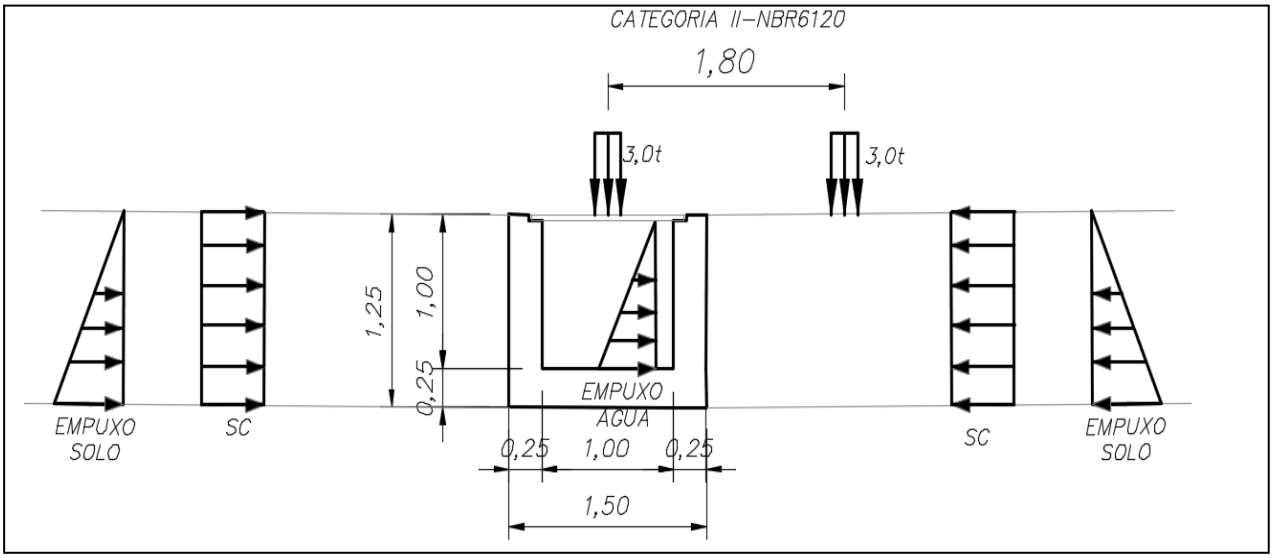
Para especificação da grade ver orçamento em anexo.

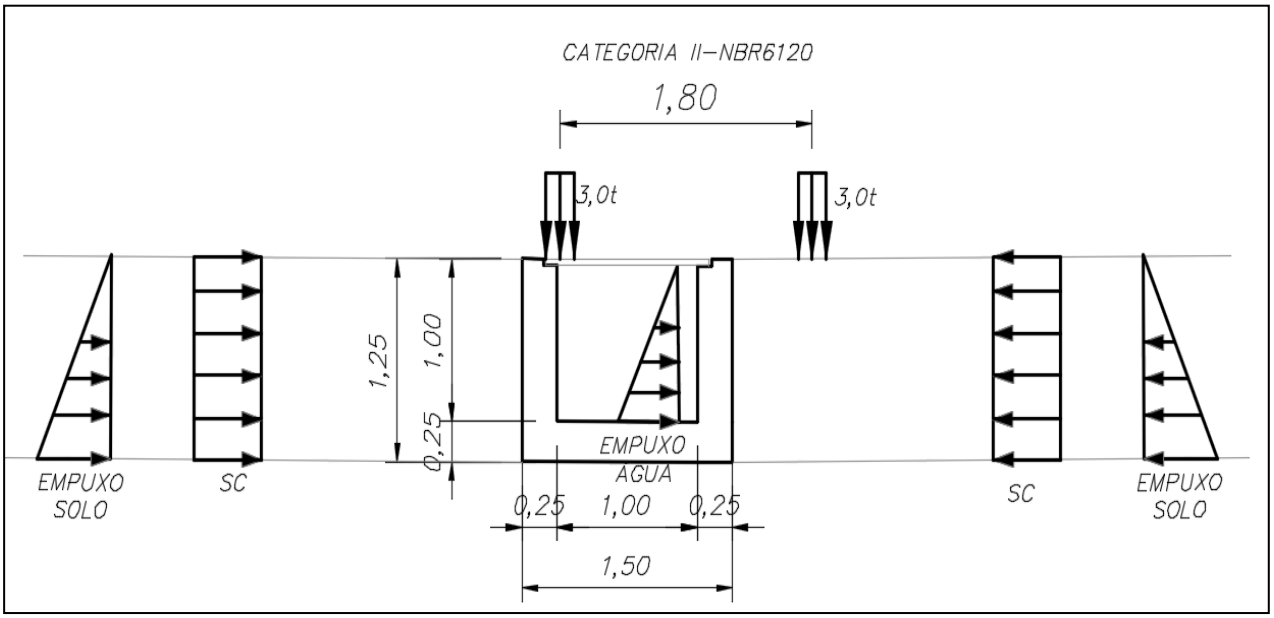
As grades dispostas sobre o canal não são fixadas no mesmo, elas são simplesmente apoiadas com folga de 2,0cm de cada lado. Posto isto, para o modelo foi considerado apenas as cargas referentes as grades, elas não foram modeladas junto com o canal.

9.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de Veículo
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-

Carga veículo categoria II da NBR 6120

-


-
-


-

Carregamento sobre a grade:

$Veículo\ classe\ II = 4{,}20\ tf$

$PPgrade = 100\ kg/m^2 = 0{,}10\ tf/m^2$

Carregamento sobre a laje de fundo:

$PPágua = \gamma_{água} \cdot h = 1{,}0\ x\ 1{,}00 = 1{,}00\ tf/m^2$

$PPlaje = \gamma_{conc} \cdot h = 2{,}5\ x\ 0{,}25 = 0{,}625\ tf/m^2$

Carregamento lateral nas paredes:

$E_{solo} = \gamma_{solo} \cdot h \cdot k_a = 1{,}7\ x\ 1{,}13\ x\ 0{,}333 = 0{,}640\ tf/m^2$

$E_{água} = \gamma_{água} \cdot h = 1{,}0\ x\ 1{,}00 = 1{,}00\ tf/m^2$

$PPparede = \gamma_{conc} \cdot h\ \cdot e\ = 2{,}5\ x\ 1{,}13\ x\ 0{,}25 = 0{,}703\ tf/m$

$SC = sc \cdot k_a = 5{,}0\ x\ 0{,}333 = 1{,}667\ tf/m^2$

- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.
-

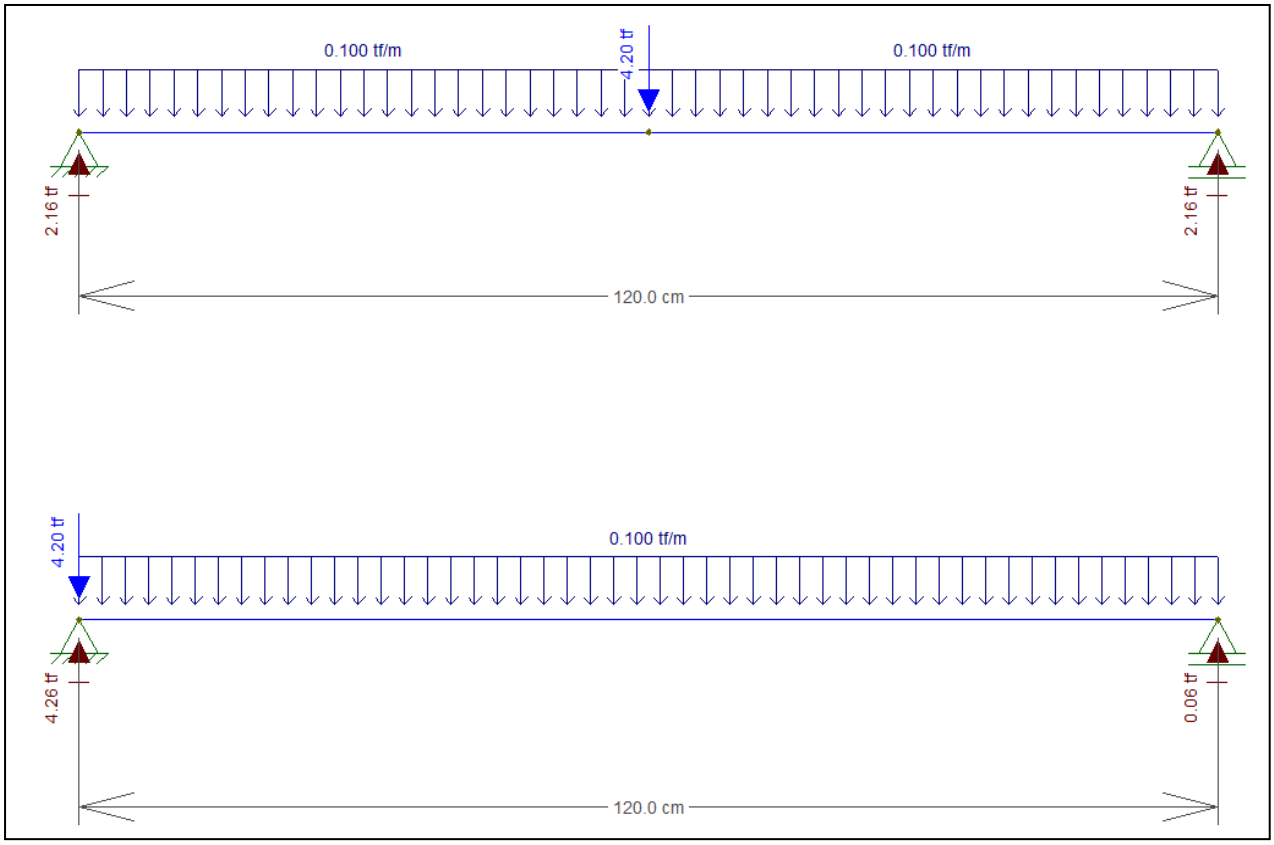
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

-
-
- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15MPa/m$.
-

Para a distância entre nós de 25 cm temos:

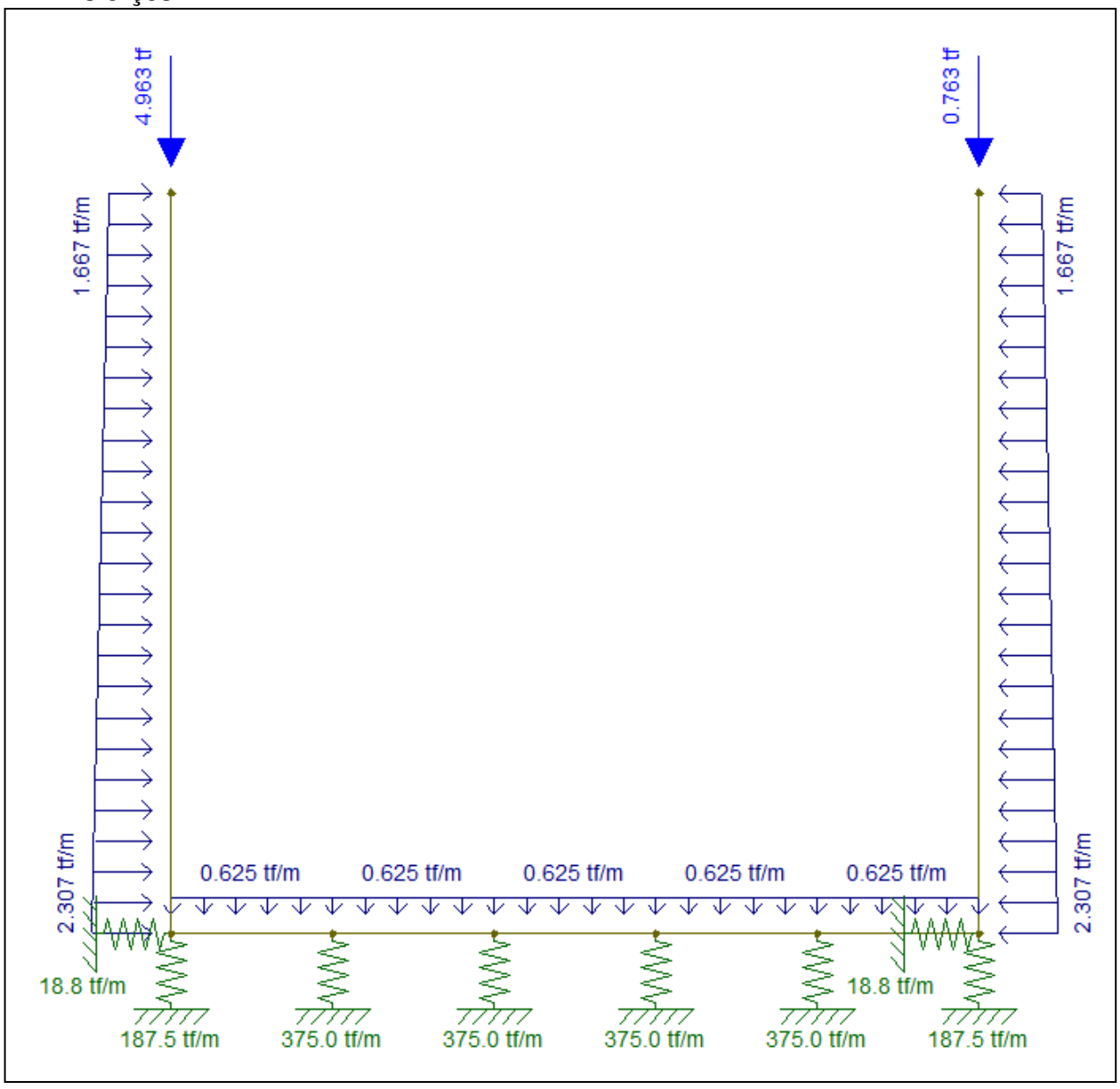
$$1500tf/m^3 x\ 0{,}25m\ x\ 1{,}0m = 375\ tf/m$$

9.2 ESFORÇOS NA GRADE

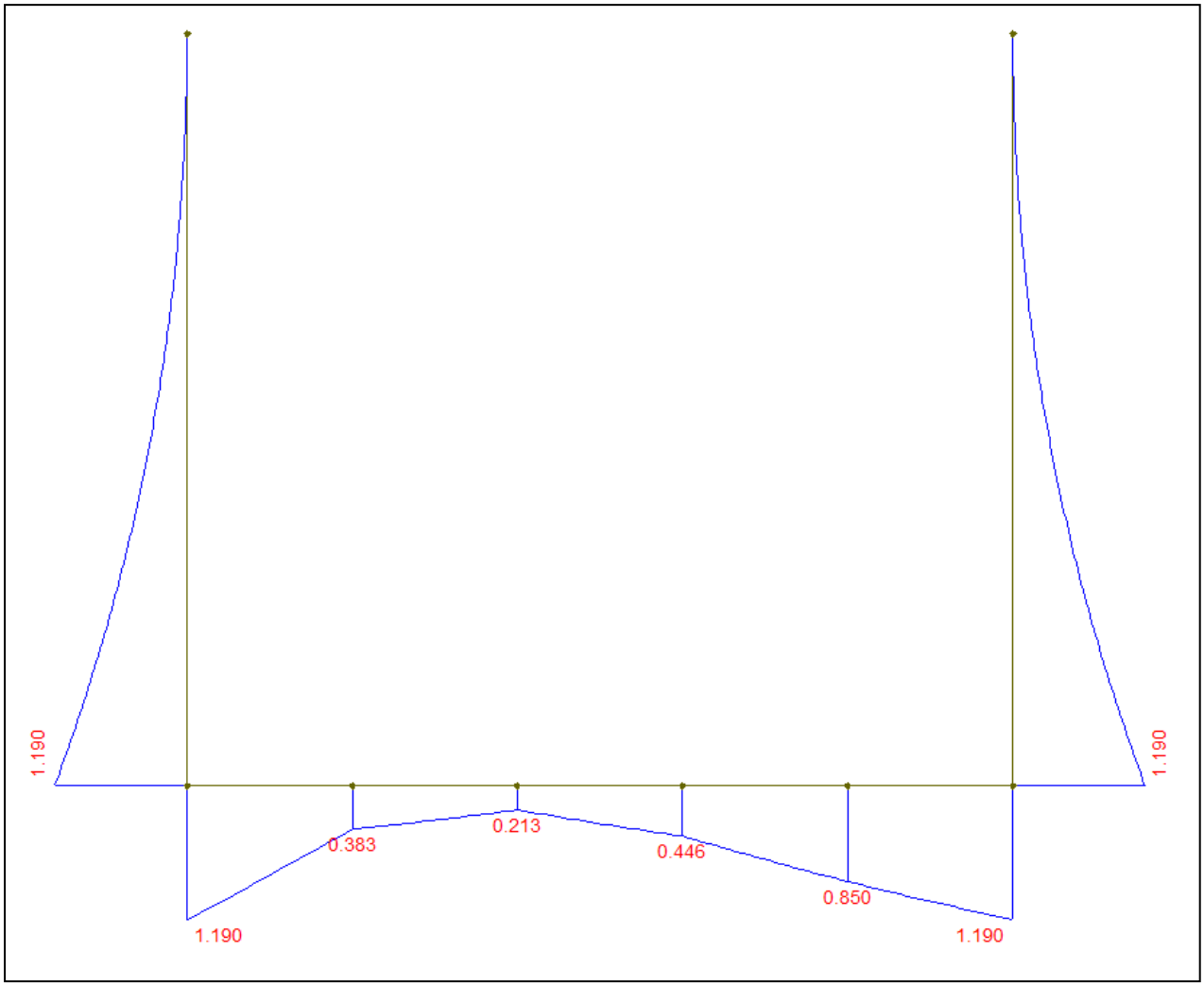


9.3 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO - RODA NA EXTREMIDADE

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



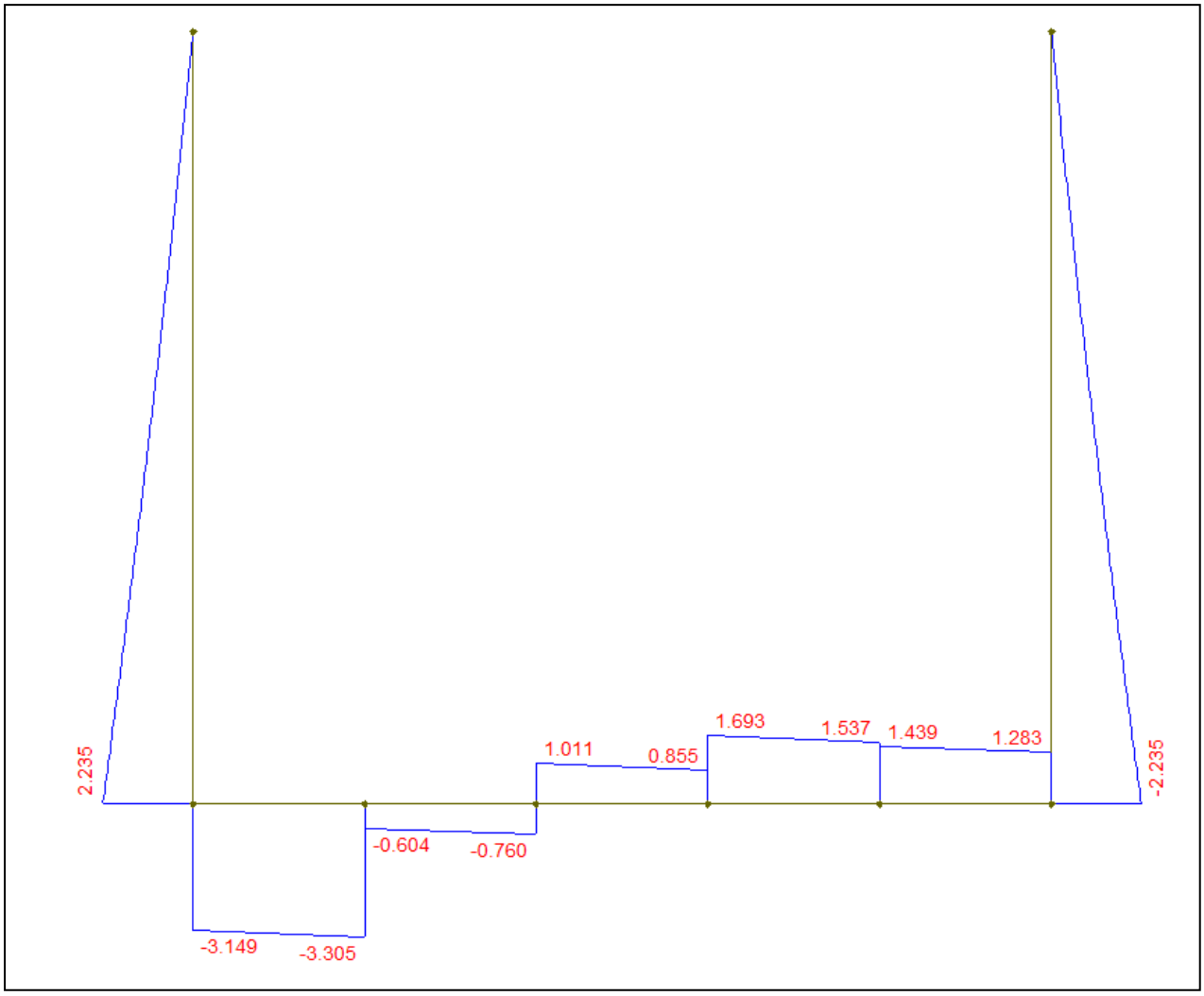
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

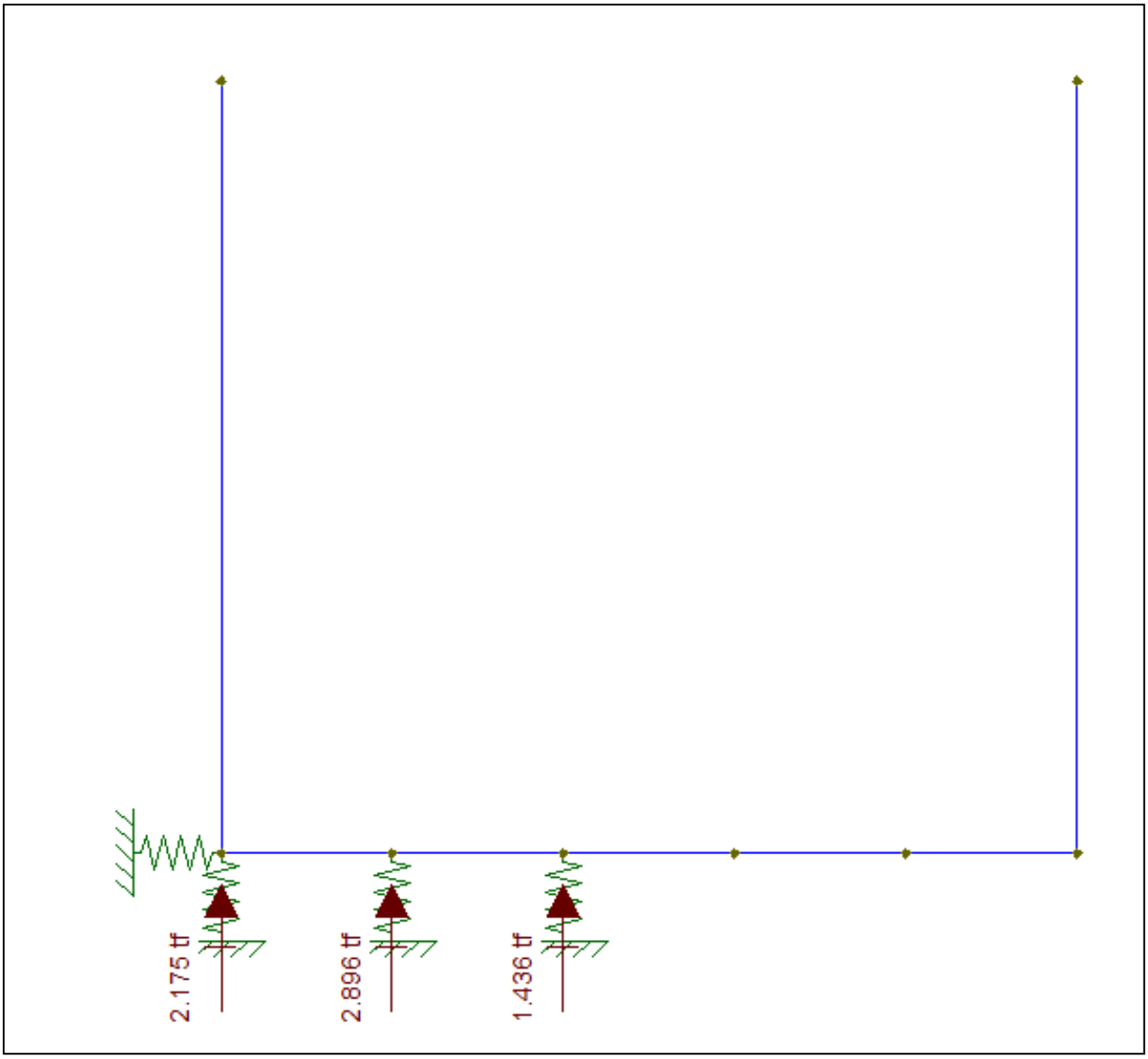
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	20	1190	50	0,00	1,94	3,75	0,041	10	20,9	ø 10,0 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante



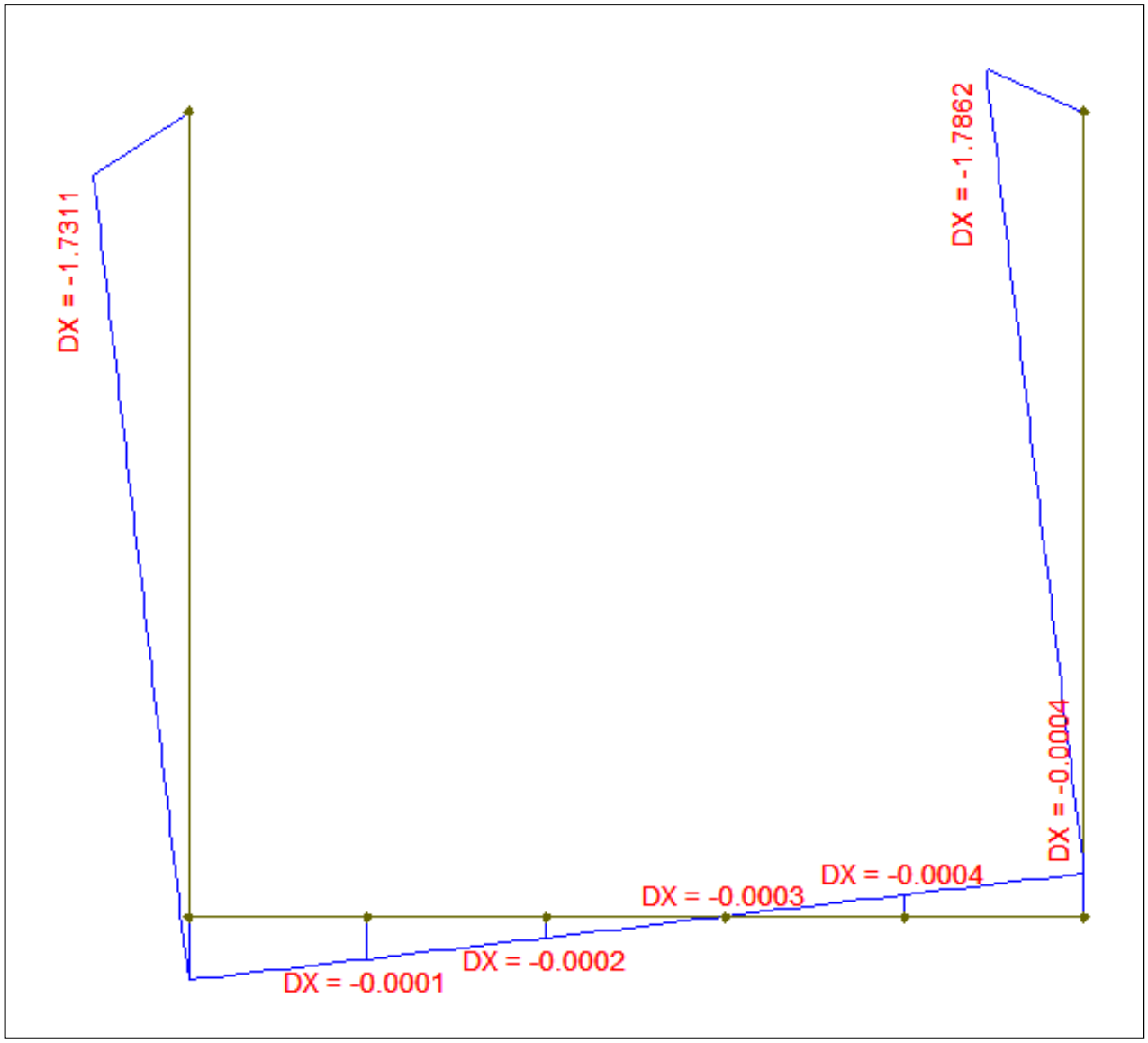
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		31,5	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,250	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,200	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		343	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	121,65	kN
V_d	$V * \gamma_f$	44,10	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

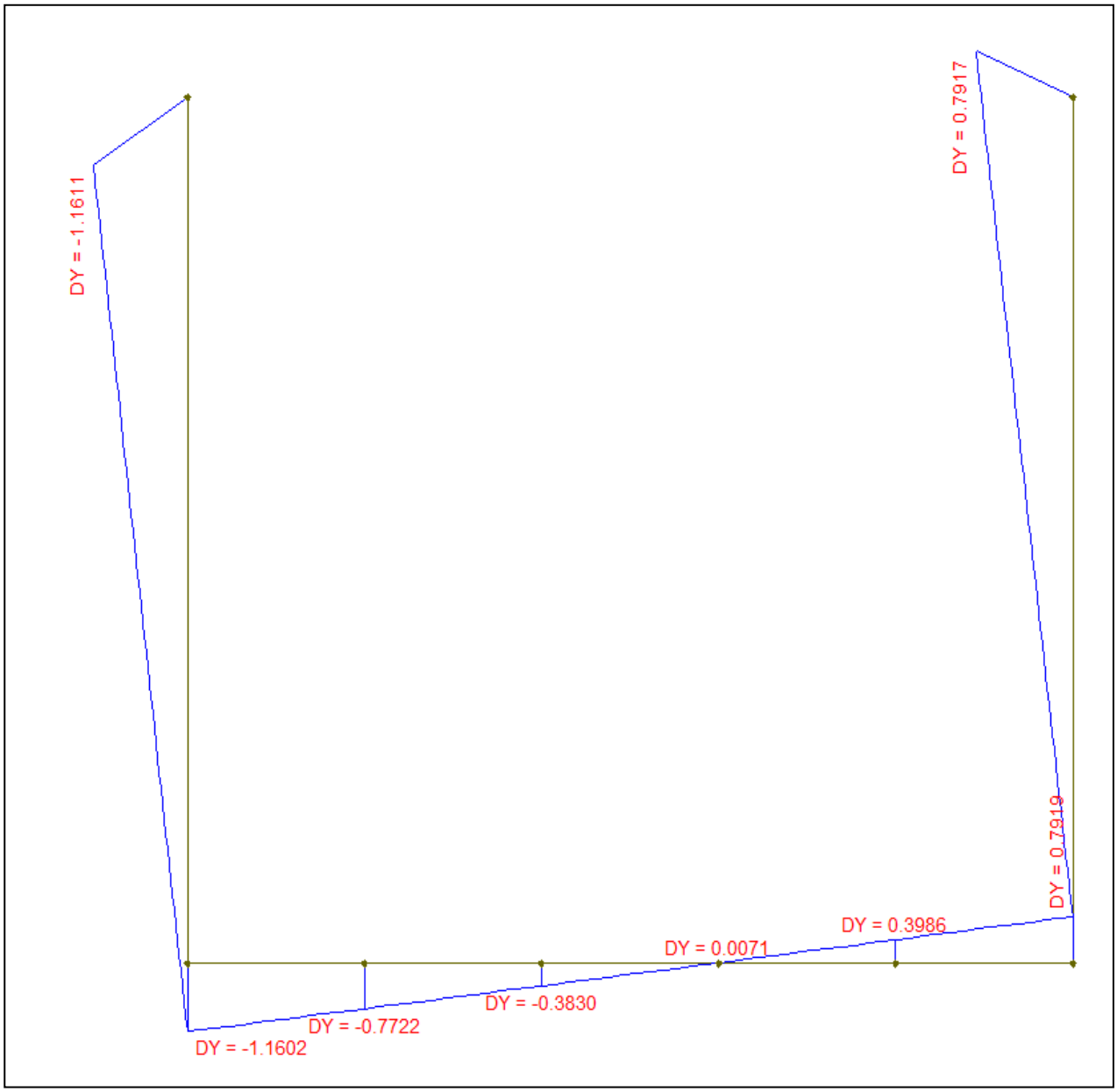


-
-
- Reação máxima = 2896kgf
-
- Tensão máxima = 2896 / (25 x 100) = 1,16 Kgf/cm²

- Deformações:



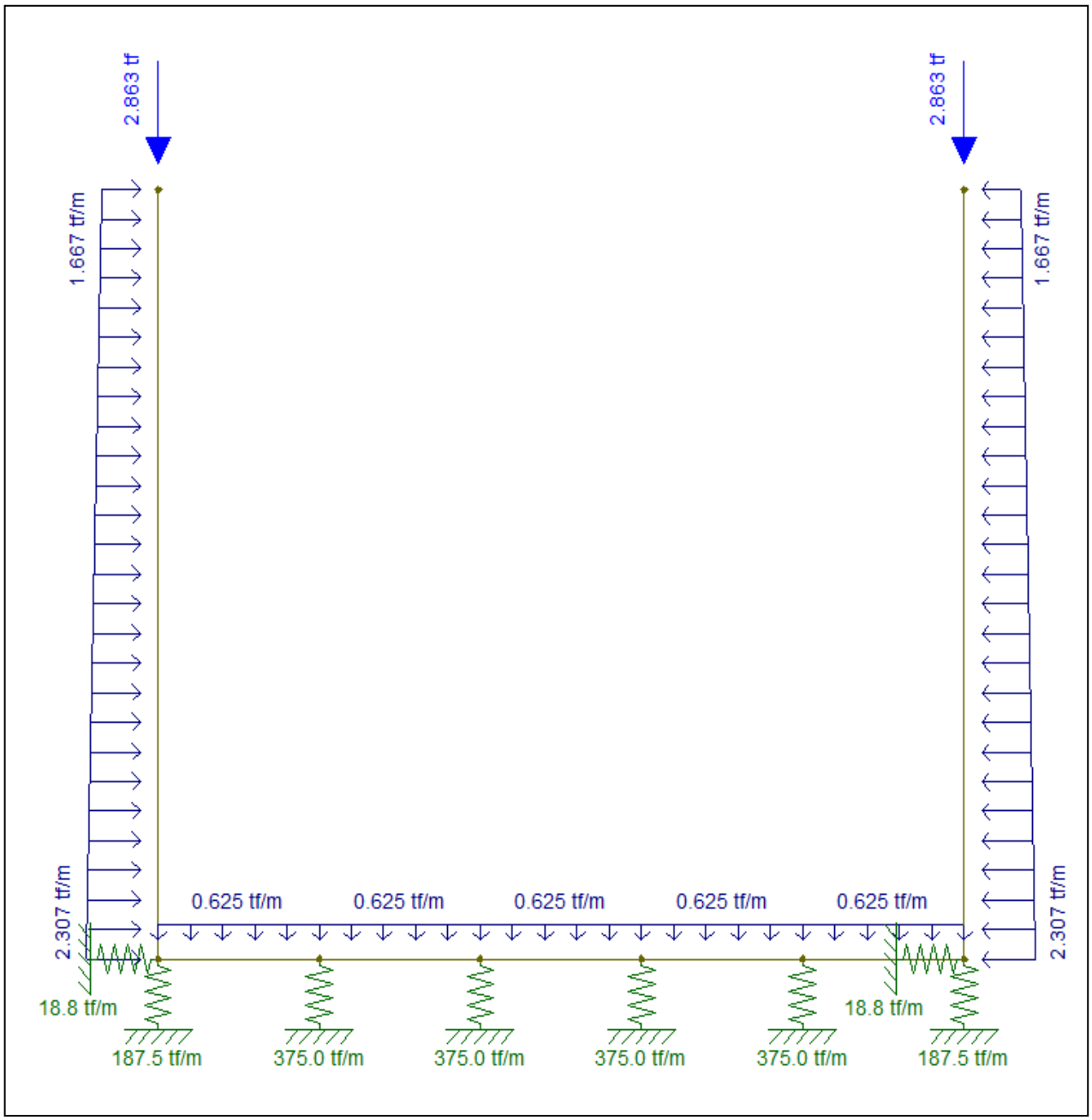
-
- Deformação máxima horizontal = 1,731 - 1,786 = 0,055 cm
- Deformação horizontal limite = 112,5/150 = 0,75 cm
-



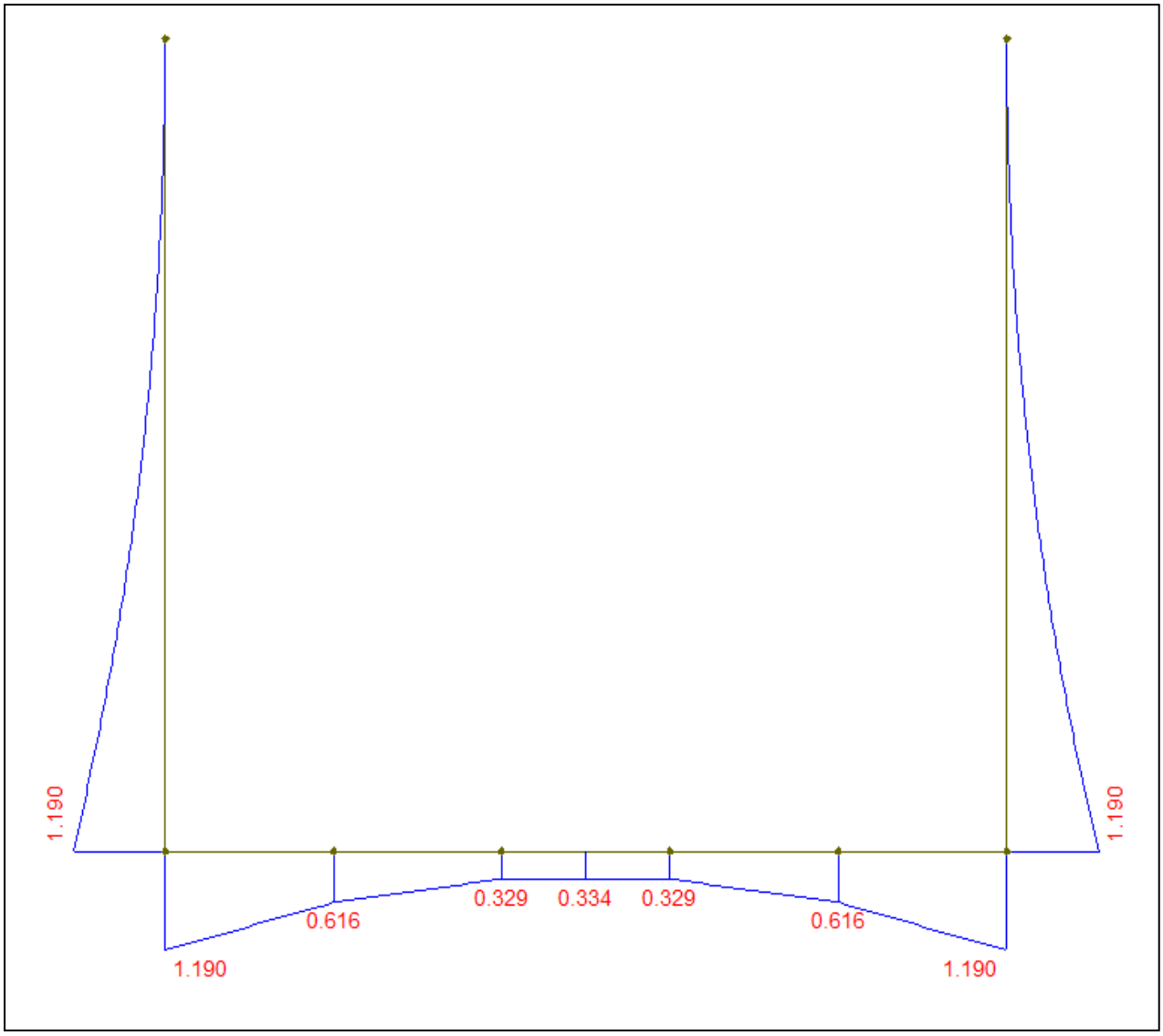
-
- Deslocamento máxima vertical = 1,161 cm

9.4 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO - RODA NO EIXO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



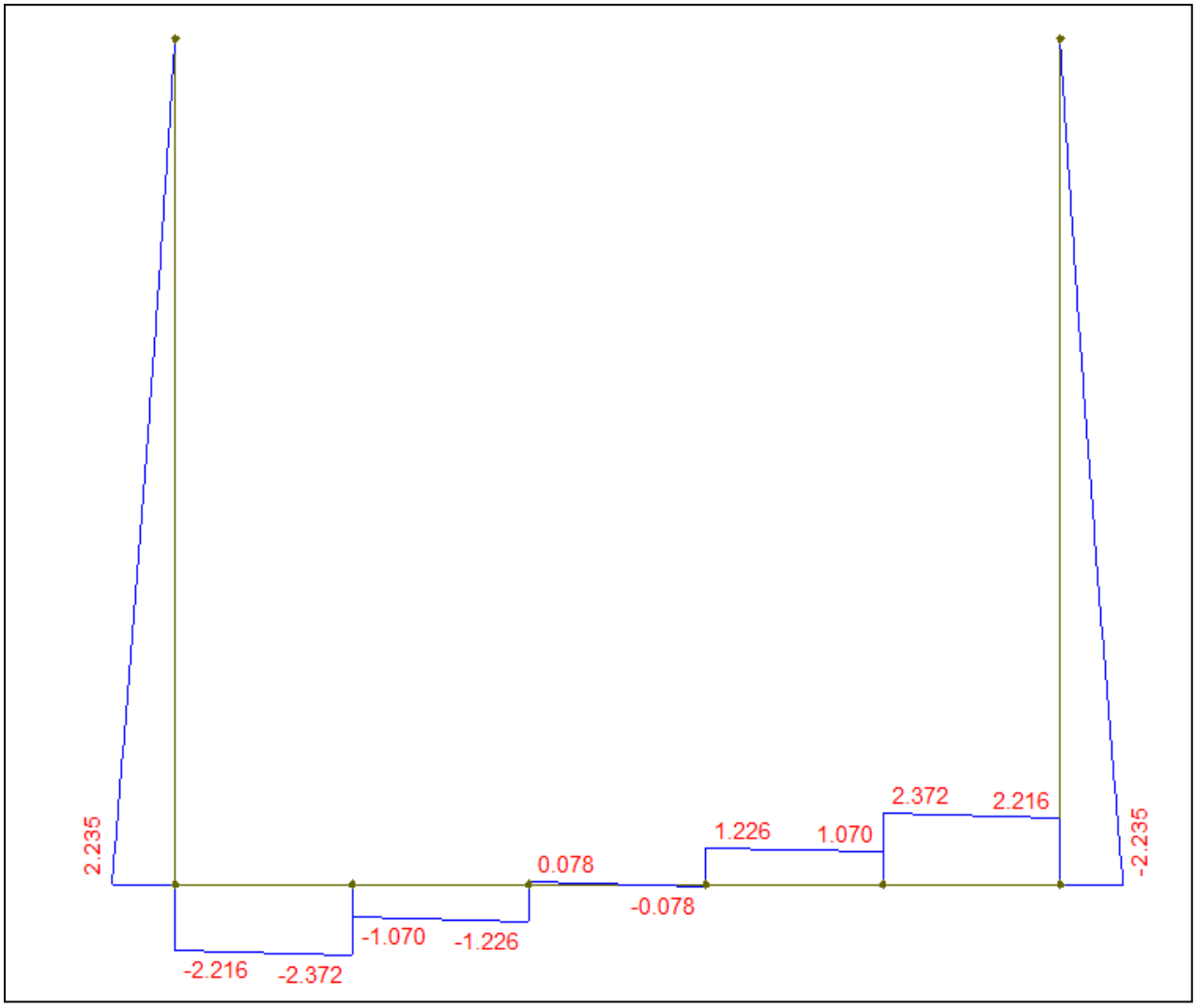
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

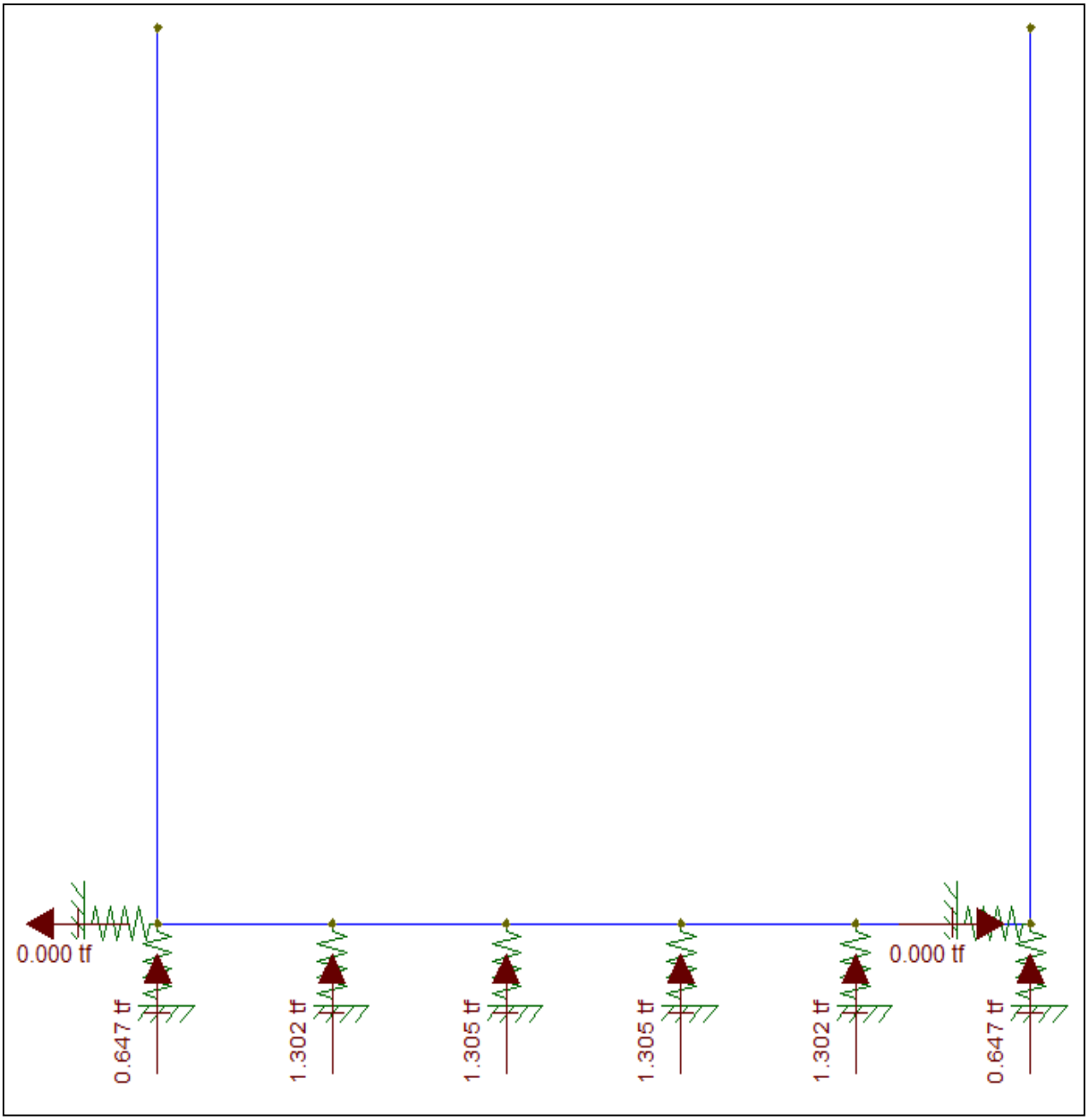
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	20	1190	50	0,00	1,94	3,75	0,041	10	20,9	ø 10,0 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante



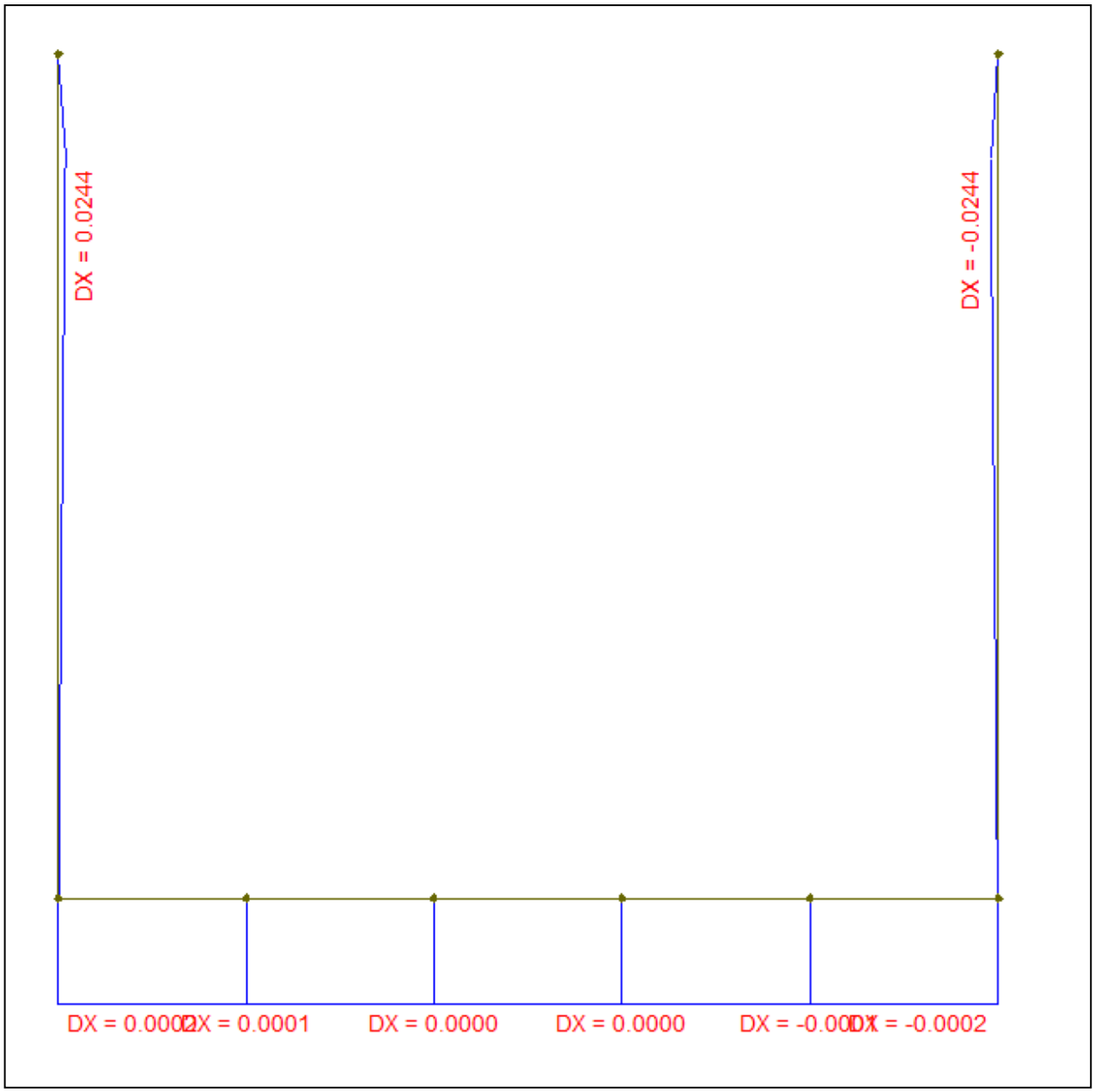
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		22,4	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,250	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,200	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		343	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	121,65	kN
V_d	$V * \gamma_f$	31,36	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

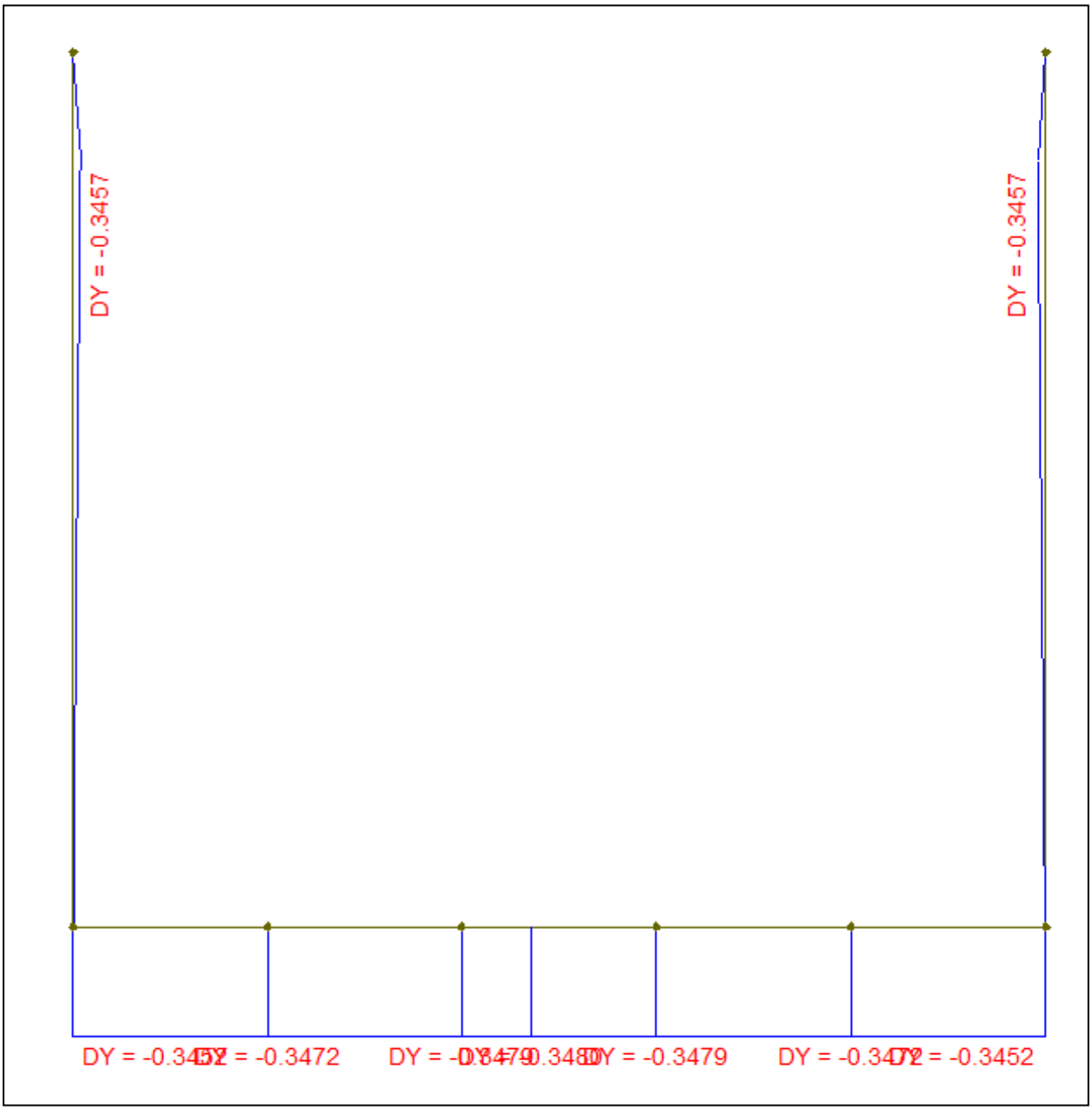


- Reação máxima = 1305kgf
- Tensão máxima = 1305 / (25 x 100) = 0,522 Kgf/cm²

-
- Deformações:



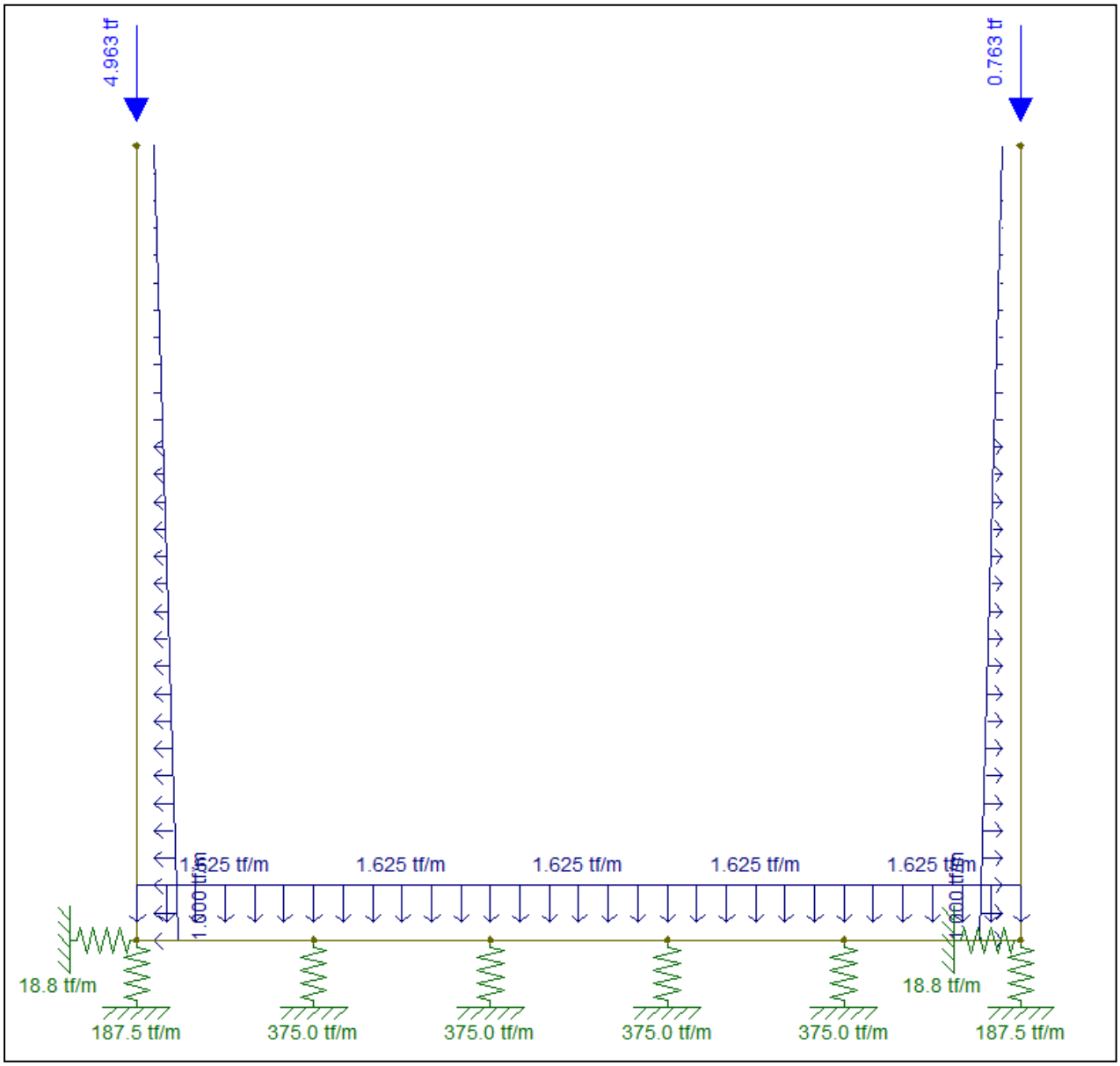
-
- Deformação máxima horizontal = 0,03 cm
- Deformação horizontal limite = 112,5/150 = 0,75 cm
-
-
-



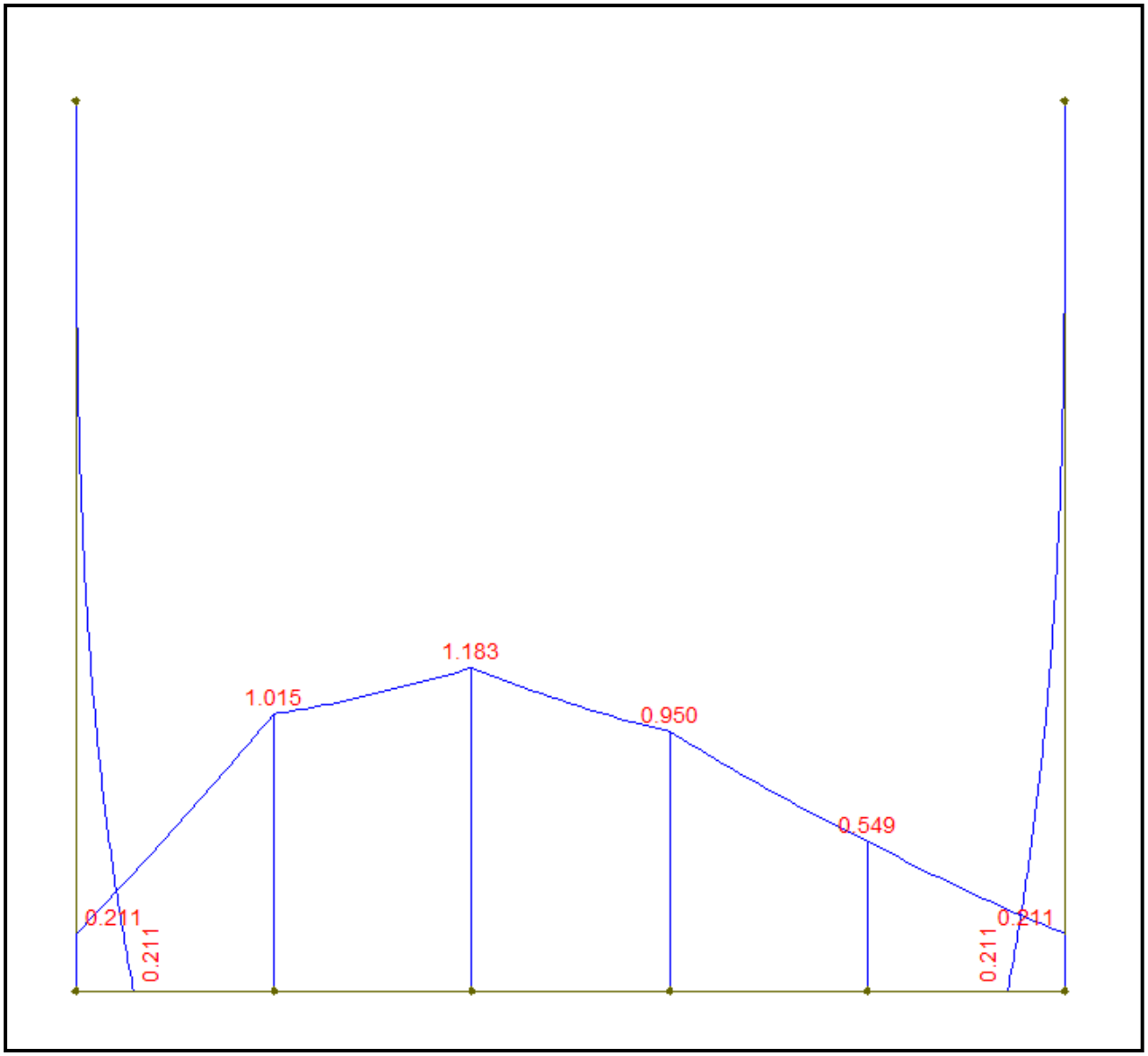
-
-
- Deformação máxima vertical = 0,35 cm

9.5 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO - RODA NA EXTREMIDADE

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



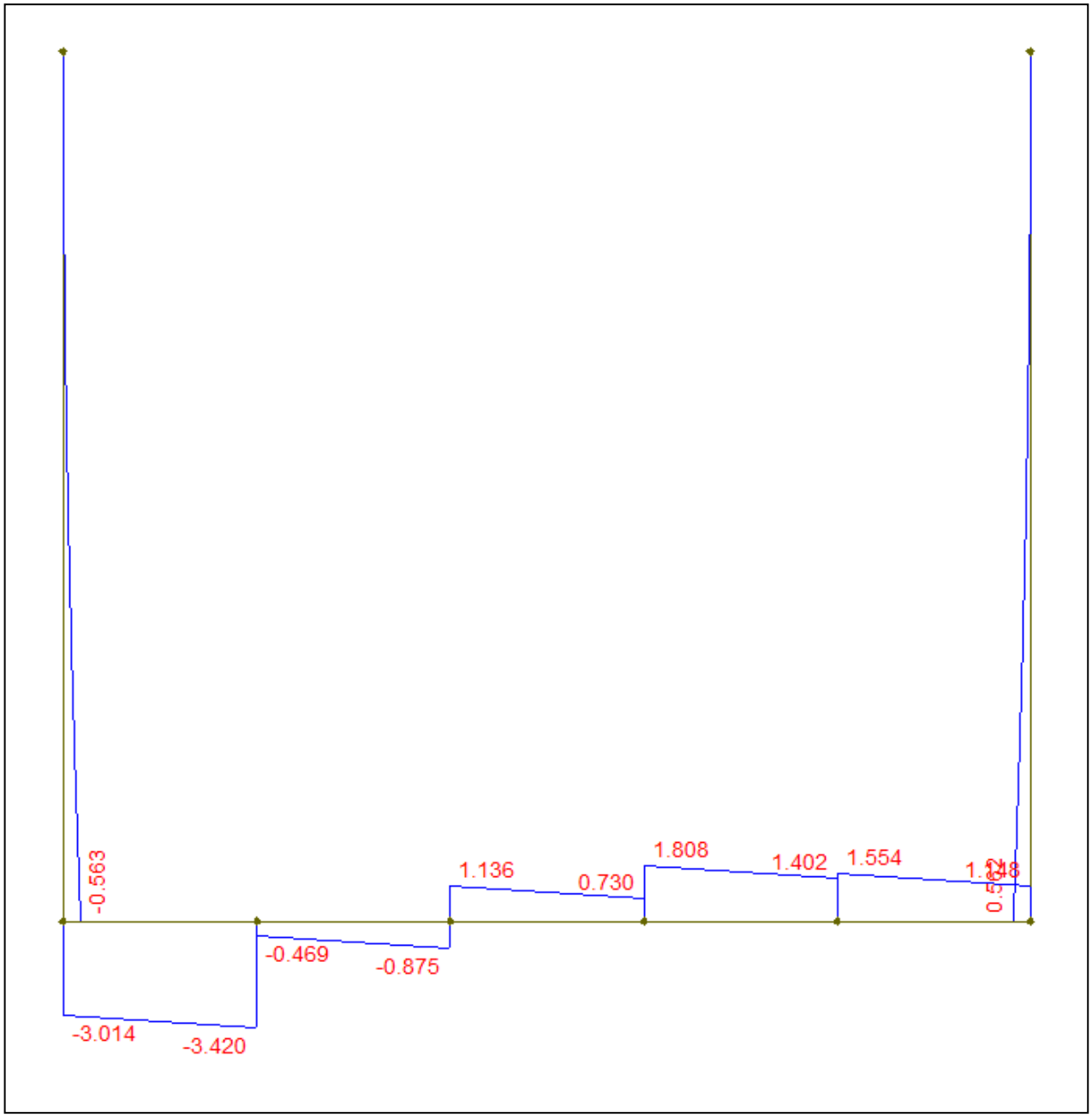
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

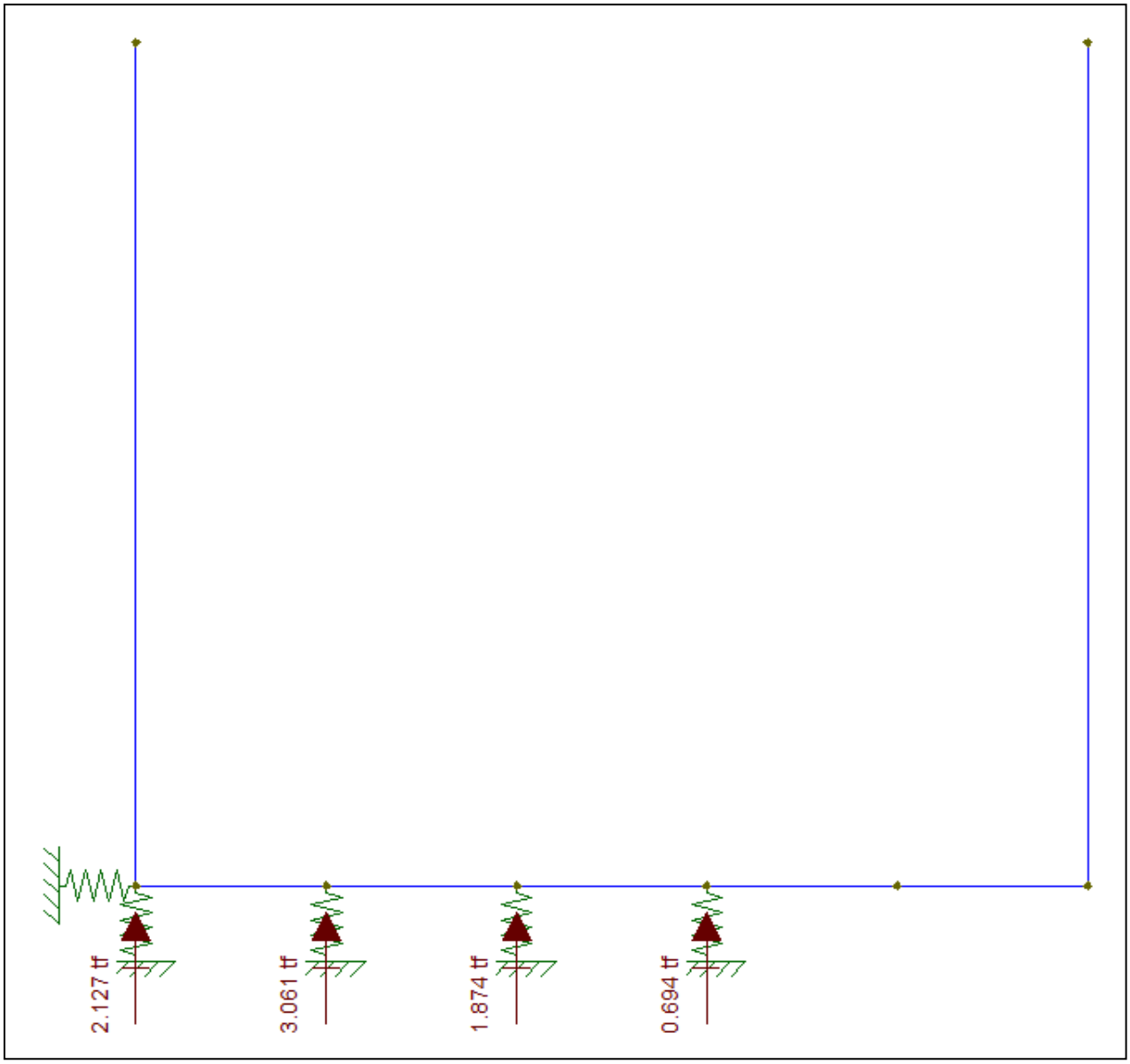
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	20	1183	50	0,00	1,93	3,75	0,041	10	20,9	ø 10,0 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante



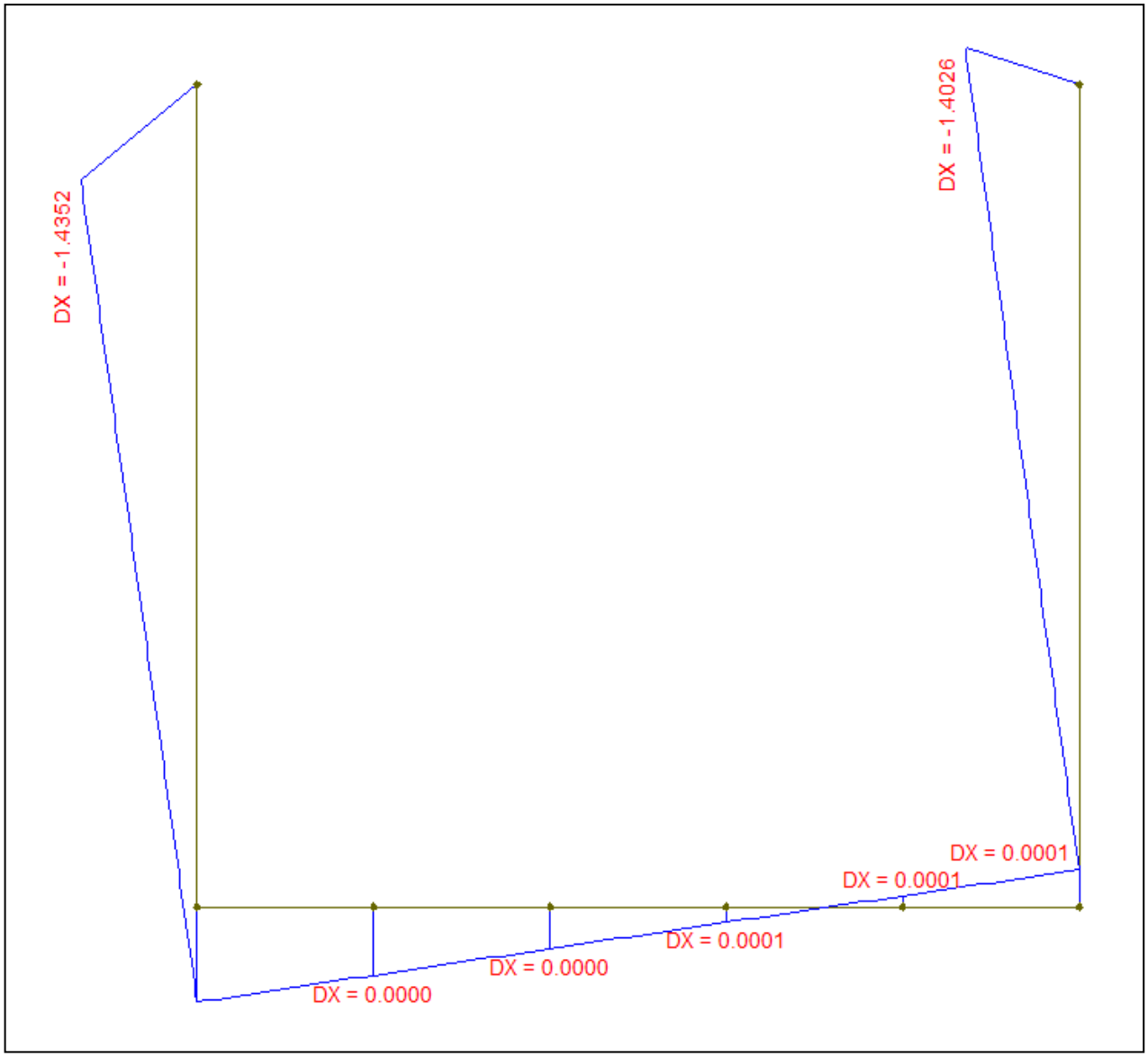
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		34,2	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,250	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,200	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		343	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	121,65	kN
V_d	$V * \gamma_f$	47,88	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

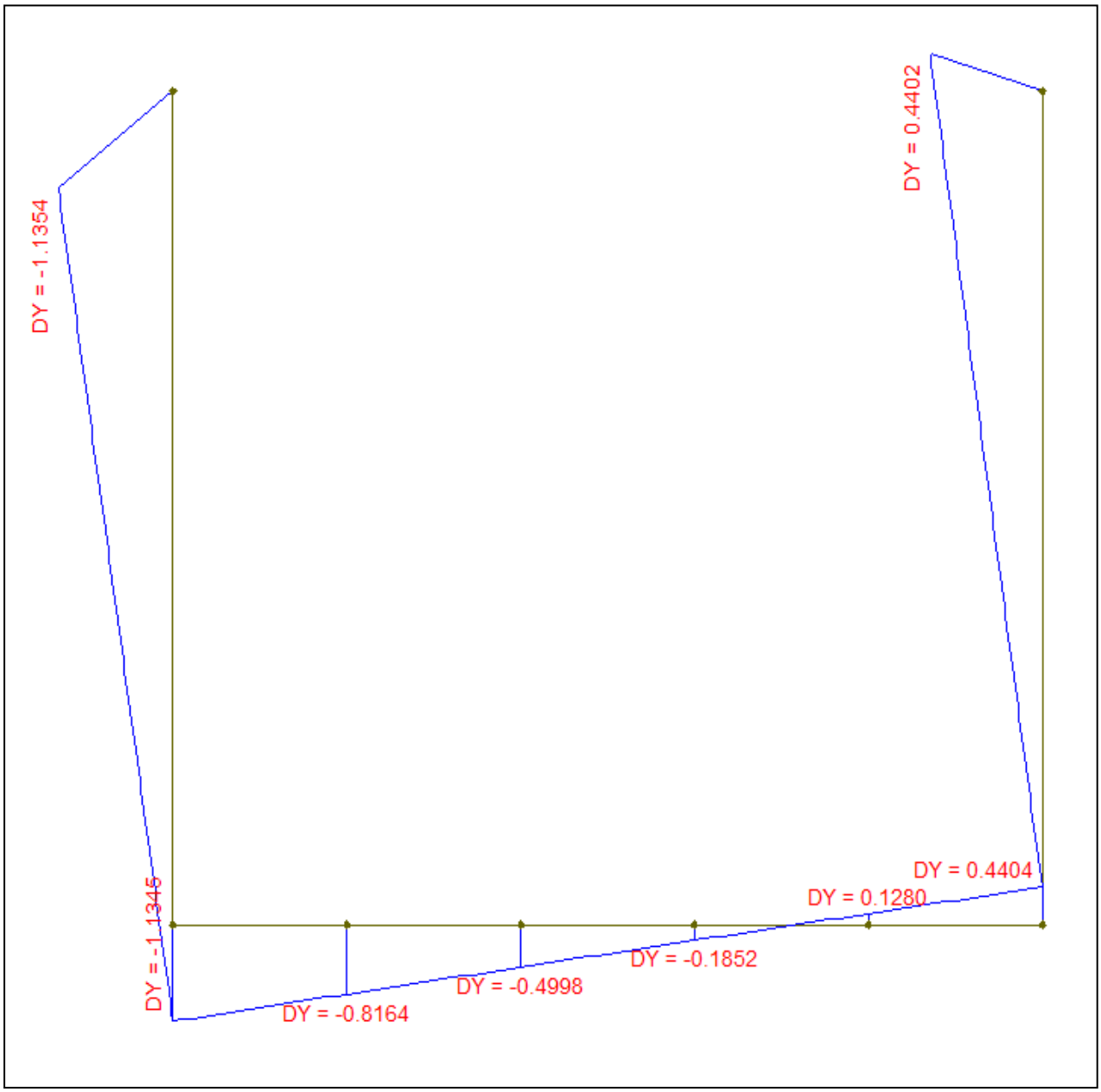


-
- Reação máxima = 3061 kgf
- Tensão máxima = 3061 / (25 x 100) = 1,22 Kgf/cm²

- Deformações:



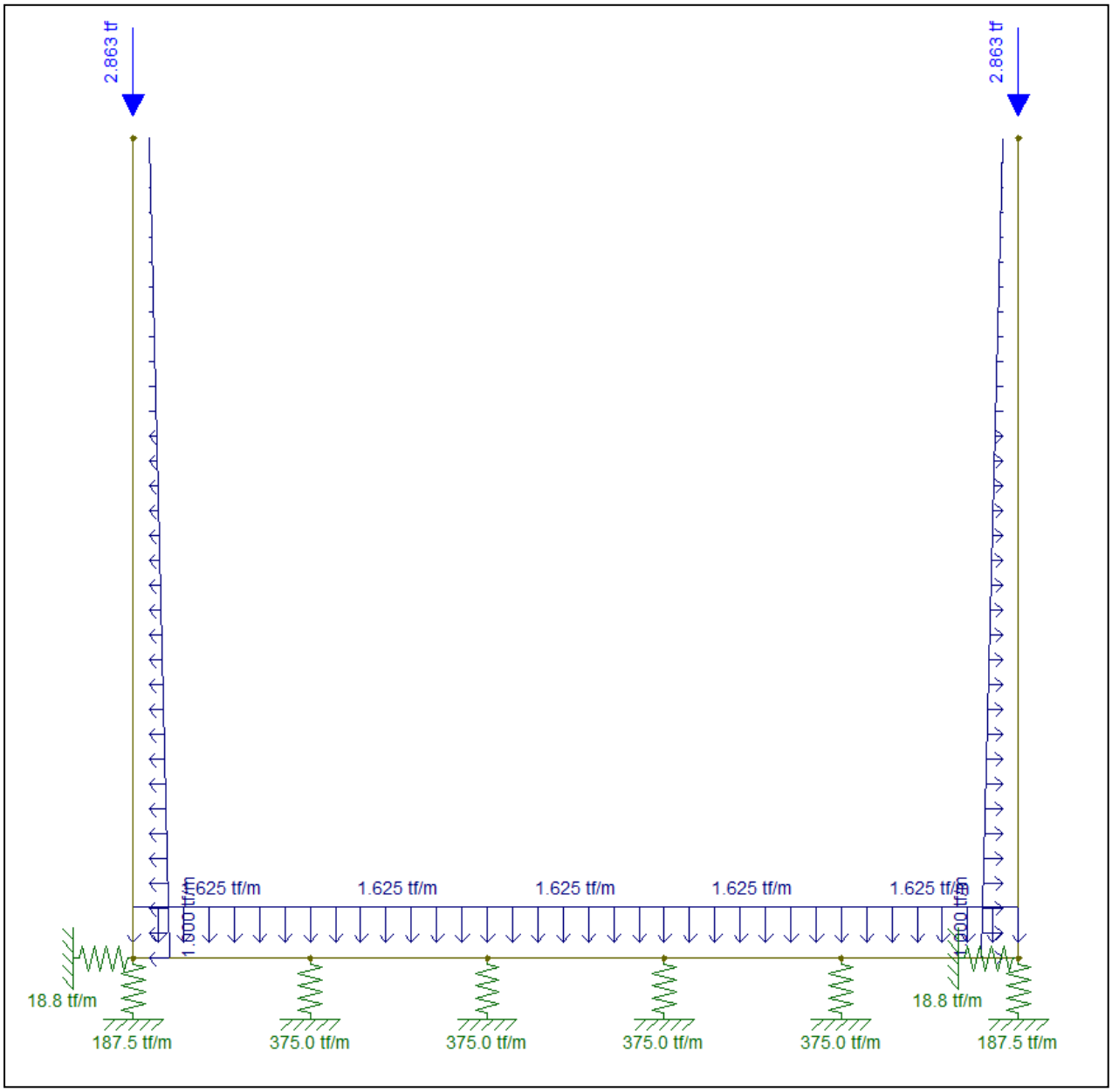
-
- Deformação máxima horizontal = 1,435 - 1,403 = 0,032 cm
- Deformação horizontal limite = 112,5/150 = 0,75 cm



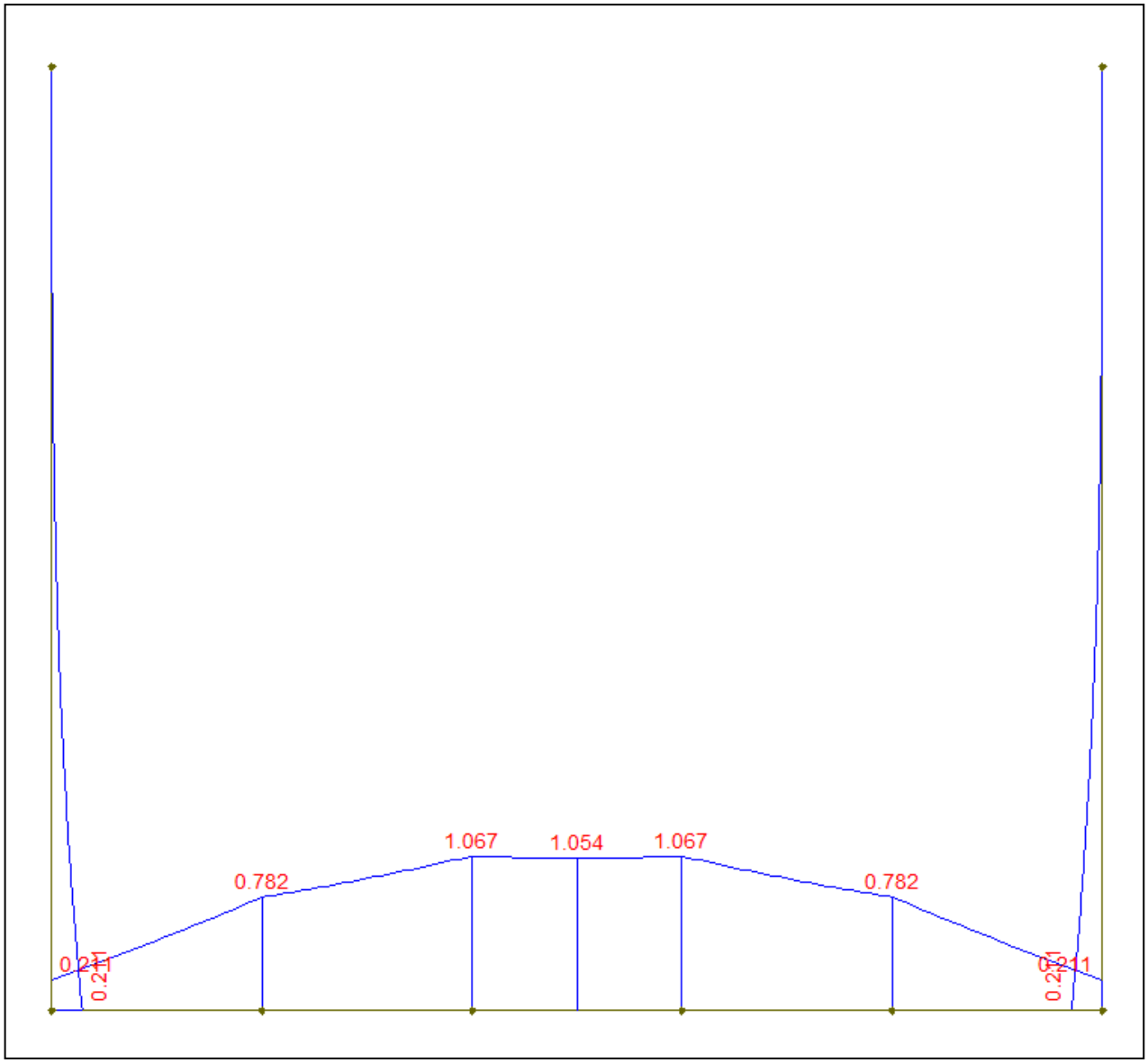
-
- Deslocamento máximo vertical = 1,135 cm

9.6 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO - RODA NO EIXO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



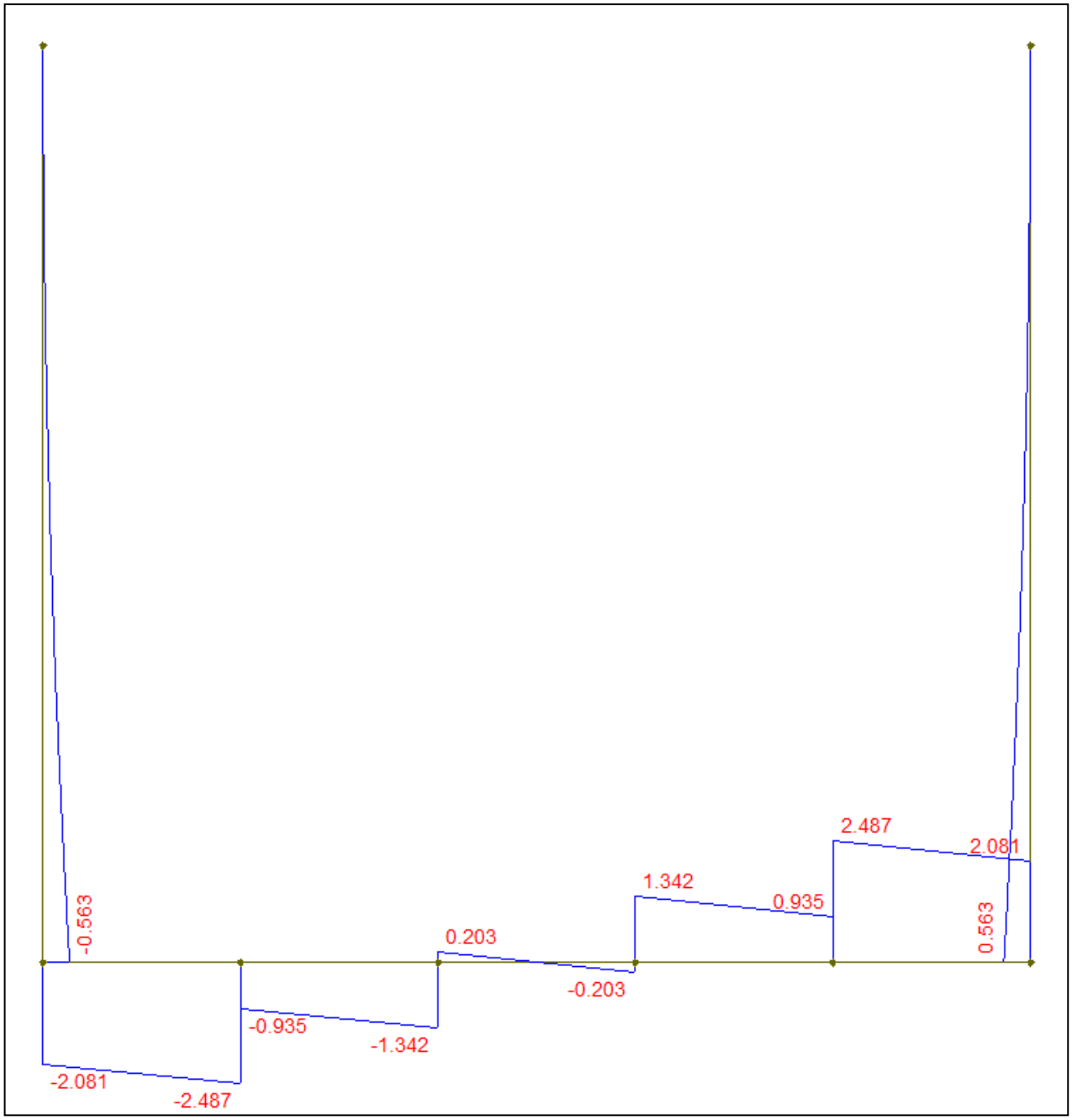
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

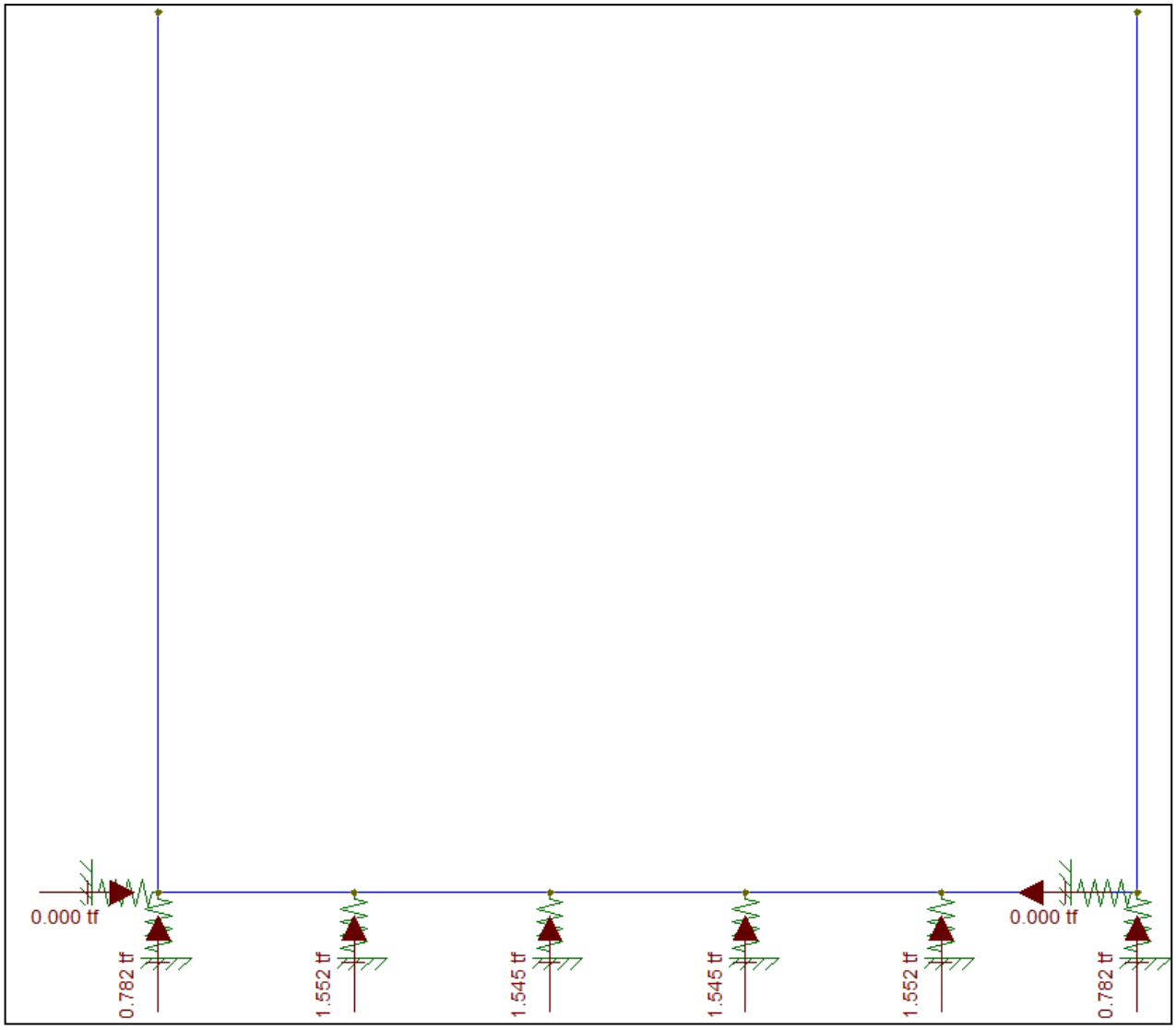
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	20	1054	50	0,00	1,71	3,75	0,032	10	20,9	ø 10,0 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante



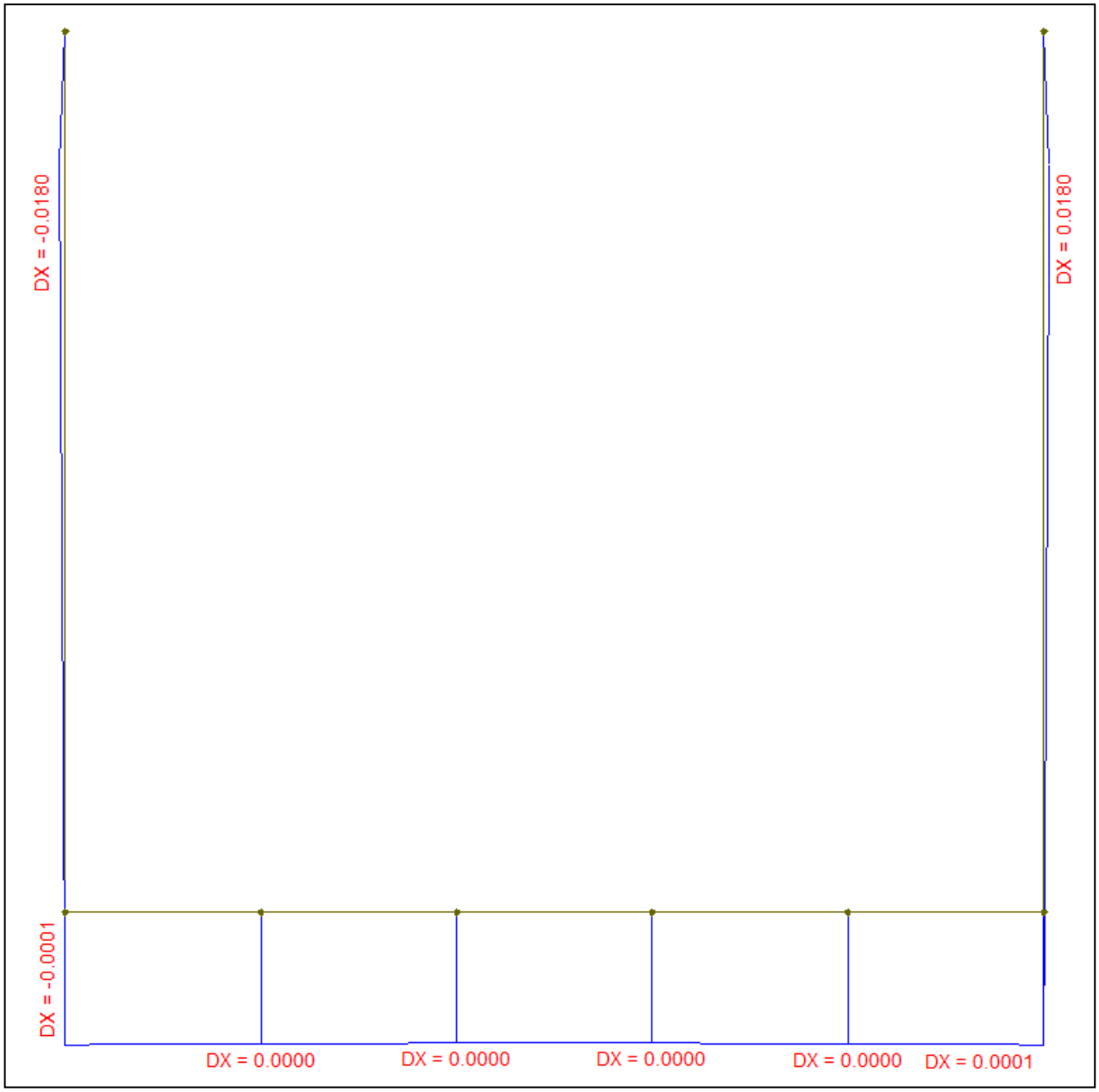
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		24,9	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,250	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,200	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		343	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	121,65	kN
V_d	$V * \gamma_f$	34,86	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

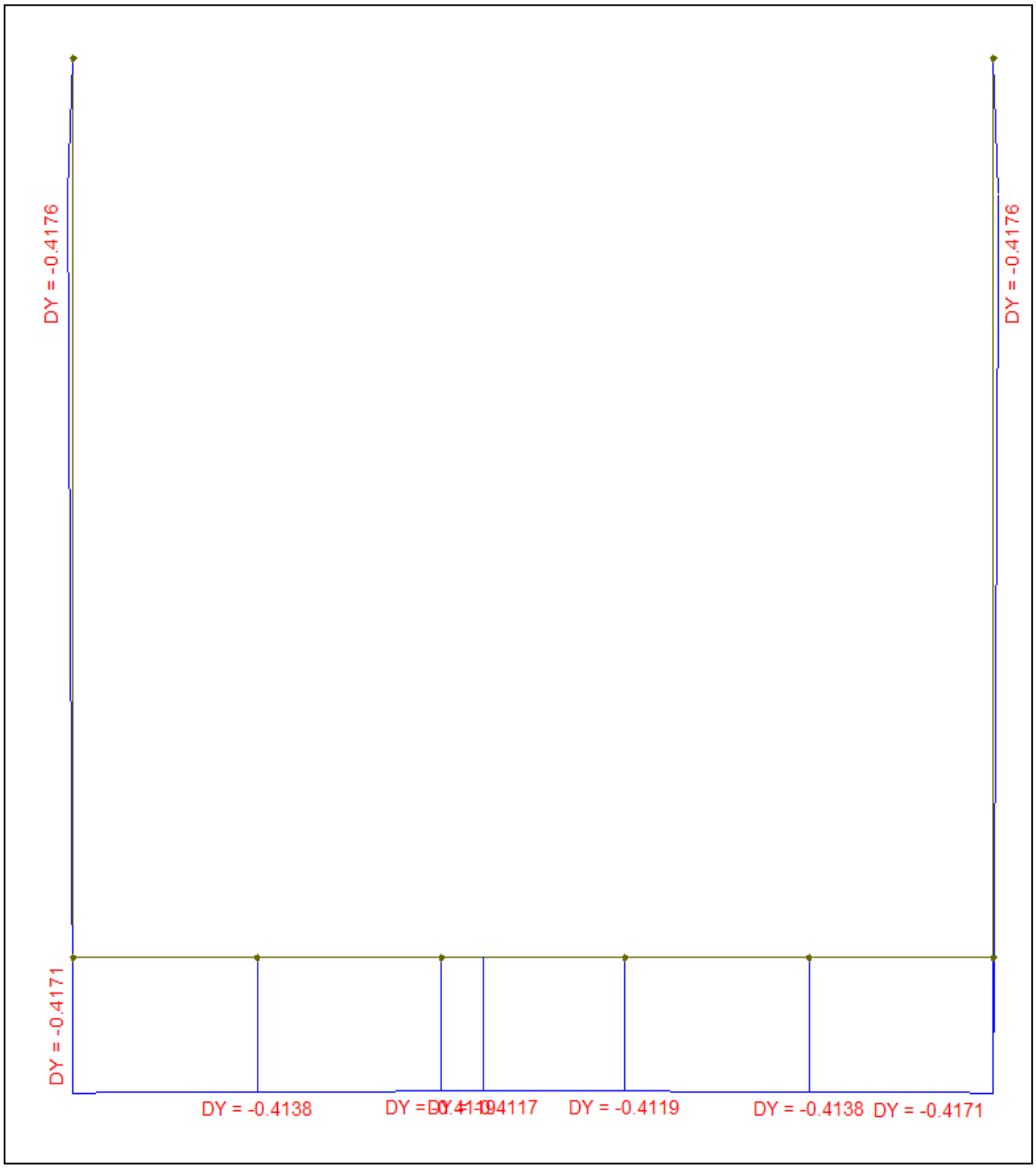


-
- Reação máxima = 1545 kgf
-
- Tensão máxima = 1545 / (25 x 100) = 0,618 Kgf/cm²

- Deformações:



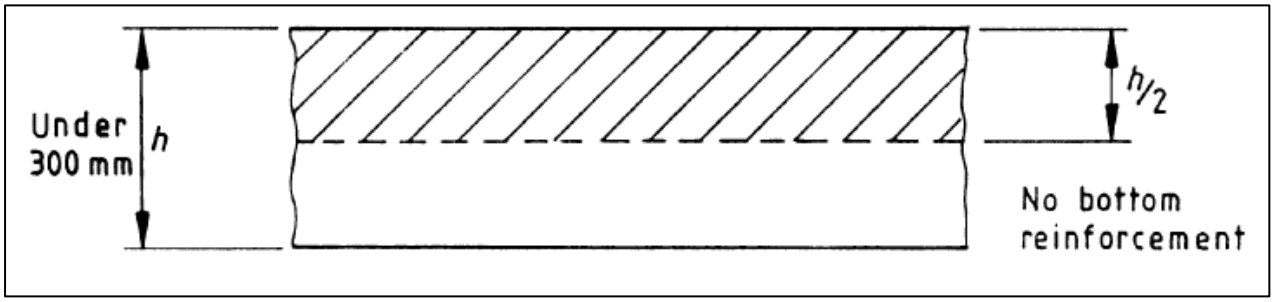
-
- Deformação máxima horizontal = 0,02 cm
- Deformação horizontal limite = 112,5/150 =0,75 cm



-
- Deformação máxima vertical = 0,418 cm

9.7 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm < h → hsup=h/2 – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids).



Para h = 25cm → hsup= 25/2 = 12,5cm

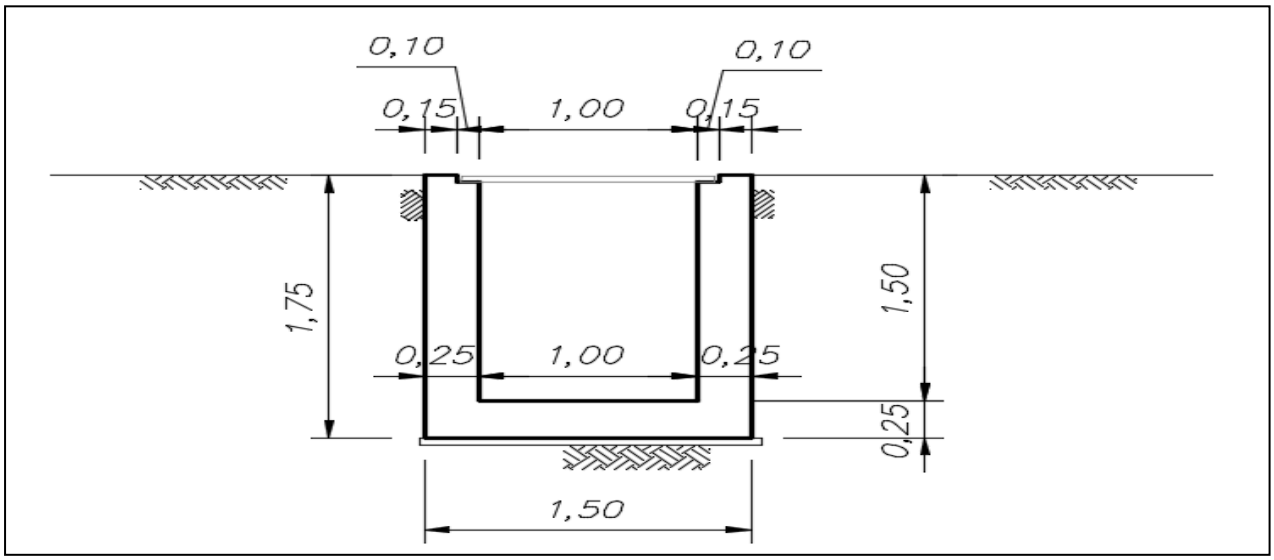
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

- $A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
- A_s = 0,8 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (12,5 cm x 100 cm) / 3600 kgf/cm² =
- A_s = 6,7 cm² - ø 10 c/10
-

9.8 RESUMO:

- Parede e fundo com espessura de 25 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: ø 10 c/10
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: ø 10 c/10

10.0 DIMENSIONAMENTO DA OMBREIRA ESQUERDA - TRECHO COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS - H=1,50



Será considerado passagem de veículo categoria II da NBR 6120:



Figura 6.2 – Eixo-tipo simples para verificação de cargas concentradas – Categoria II

Tabela 6.4 – Ações em garagens e demais áreas de circulação de veículos

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Categoria	PBT (kN)	Carga uniformemente distribuída (kN/m²)	Altura máx. (m)	Cargas concentradas Q_k (kN)	Força horizontal F_x (kN) [e]	Força horizontal F_y (kN) [e]	Altura H de aplicação das forças F_x e F_y (m) [e]
I [a]	≤ 30	3	2,3	12 [b]	100	50	0,5
II [f]	≤ 90	5	2,6	60 (Fig. 6.2)	180	90	0,5
III	≤ 160	7	3,0	100 (Fig. 6.3)	240	120	1,0
IV	> 160	10	> 3,0	170 (Fig. 6.4) 255 (Fig. 6.5)	320	160	1,0
V [c]	≤ 230	10	≥ 4,5	170 (Fig. 6.4)	320 [d]	160 [d]	1,0 [d]

Não será considerado o espraiamento da carga pois não há camada de solo sobre o Canal.

-
- Carga do veículo = 60 kN = 6 tf
- Carga por roda = 3,0 tf
- Carga uniformemente distribuida = 5 tf/m²
- P = 3,0 x$\frac{1,5}{1,4}$x 1,3 = 4,2 tf
-
- Serão feitas quatro verificações:
-
- Canal vazio com a roda na extremidade
- Canal vazio com a roda no centro
- Canal cheio de água com a roda na extremidade
- Canal cheio de água com a roda no centro
-

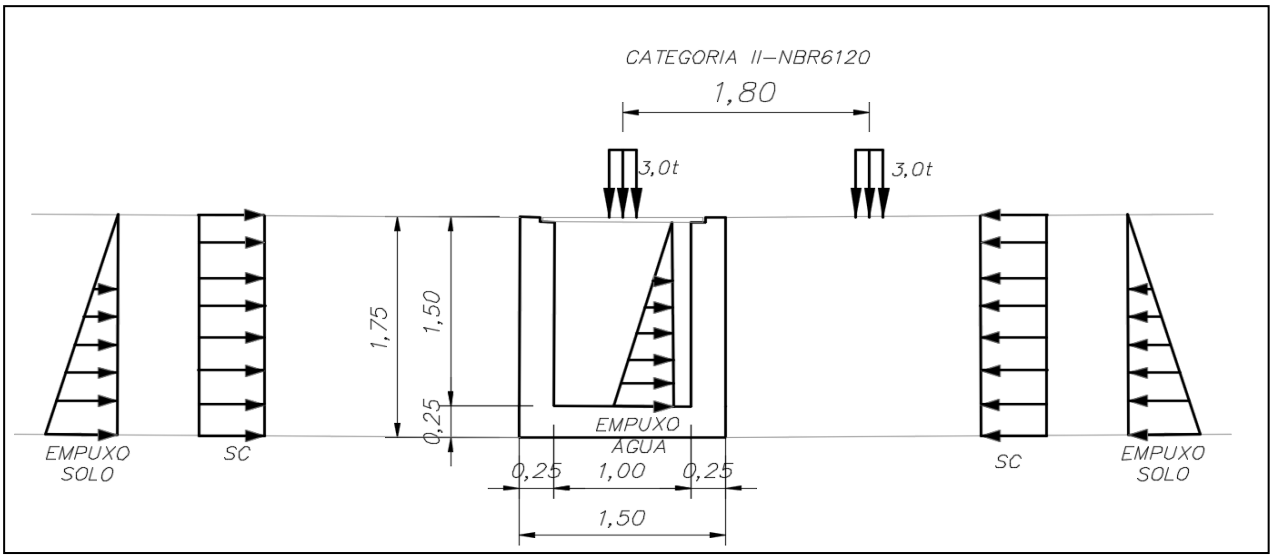
Para especificação da grade ver orçamento em anexo.

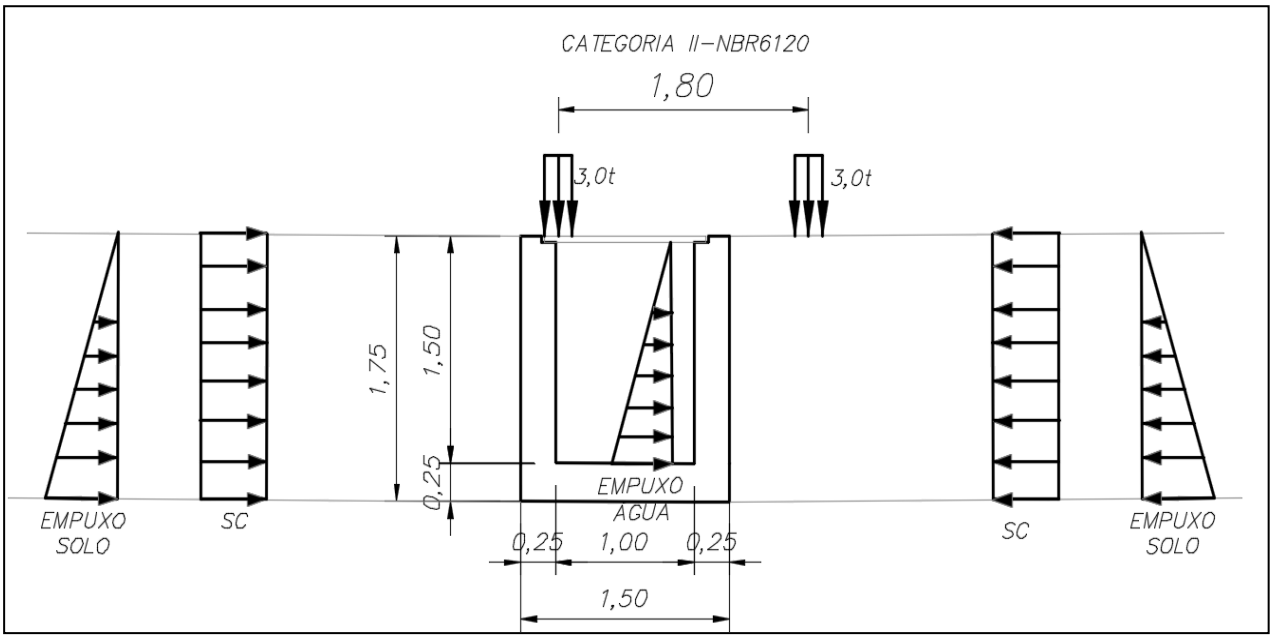
As grades dispostas sobre o canal não são fixadas no mesmo, elas são simplesmente apoiadas com folga de 2,0cm de cada lado. Posto isto, para o modelo foi considerado apenas as cargas referentes as grades, elas não foram modeladas junto com o canal.

10.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de Veículo
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
-

Carga veículo categoria II da NBR 6120

-


-
-


-

Carregamento sobre a grade:

$Veículo\ classe\ II = 4{,}20\ tf$

$PPgrade = 100\ kg/m^2 = 0{,}10\ tf/m^2$

Carregamento sobre a laje de fundo:

$PPágua = \gamma_{água} \cdot h = 1{,}0\ x\ 1{,}50 = 1{,}50\ tf/m^2$

$PPlaje = \gamma_{conc} \cdot h = 2{,}5\ x\ 0{,}25 = 0{,}625\ tf/m^2$

Carregamento lateral nas paredes:

$E_{solo} = \gamma_{solo} \cdot h \cdot k_a = 1{,}7\ x\ 1{,}63\ x\ 0{,}333 = 0{,}921\ tf/m^2$

$E_{água} = \gamma_{água} \cdot h = 1{,}0\ x\ 1{,}50 = 1{,}50\ tf/m^2$

$PPparede = \gamma_{conc} \cdot h\ \cdot e\ = 2{,}5\ x\ 1{,}63\ x\ 0{,}25 = 1{,}016\ tf/m$

$SC = sc \cdot k_a = 5{,}0\ x\ 0{,}333 = 1{,}667\ tf/m^2$

- Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.
-

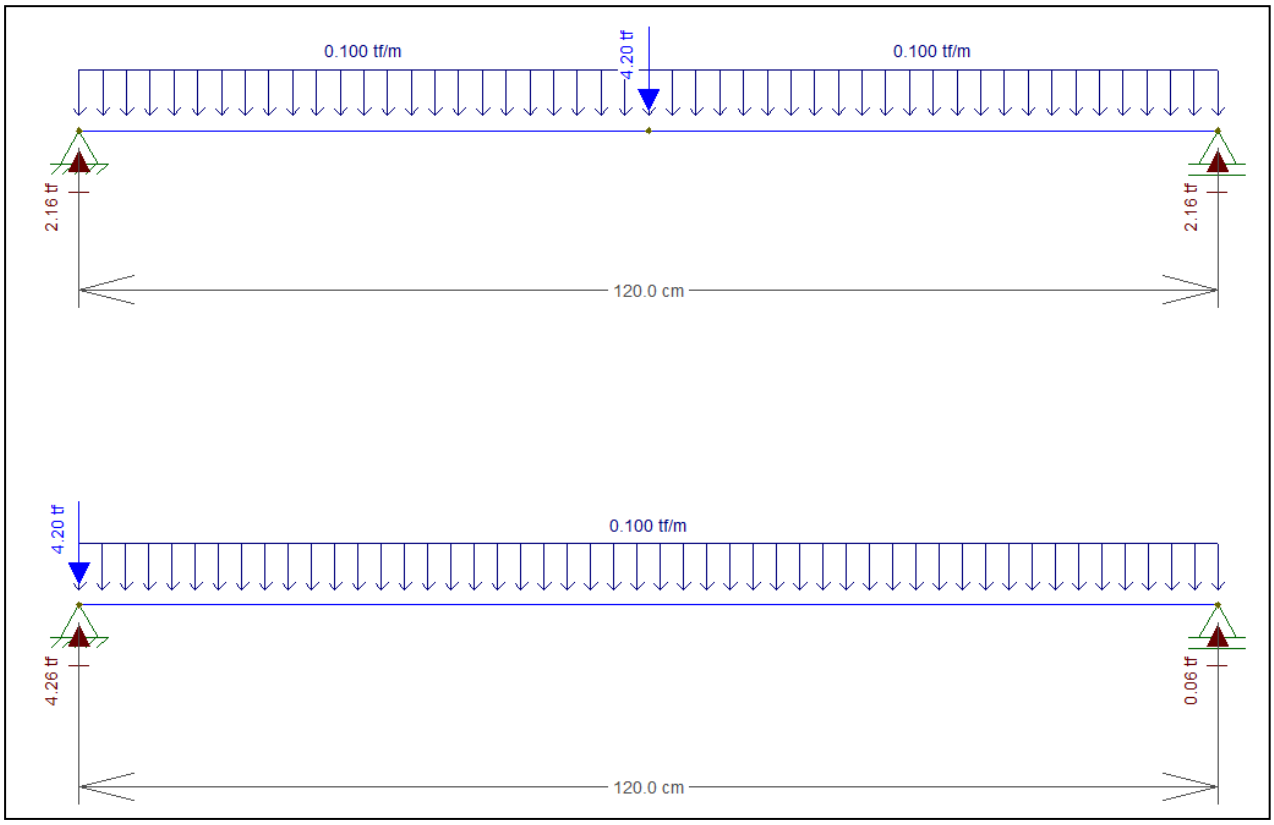
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

-
-
- Considerou-se para o solo em questão o valor de $k_r = 15MPa/m$.
-

Para a distância entre nós de 25 cm temos:

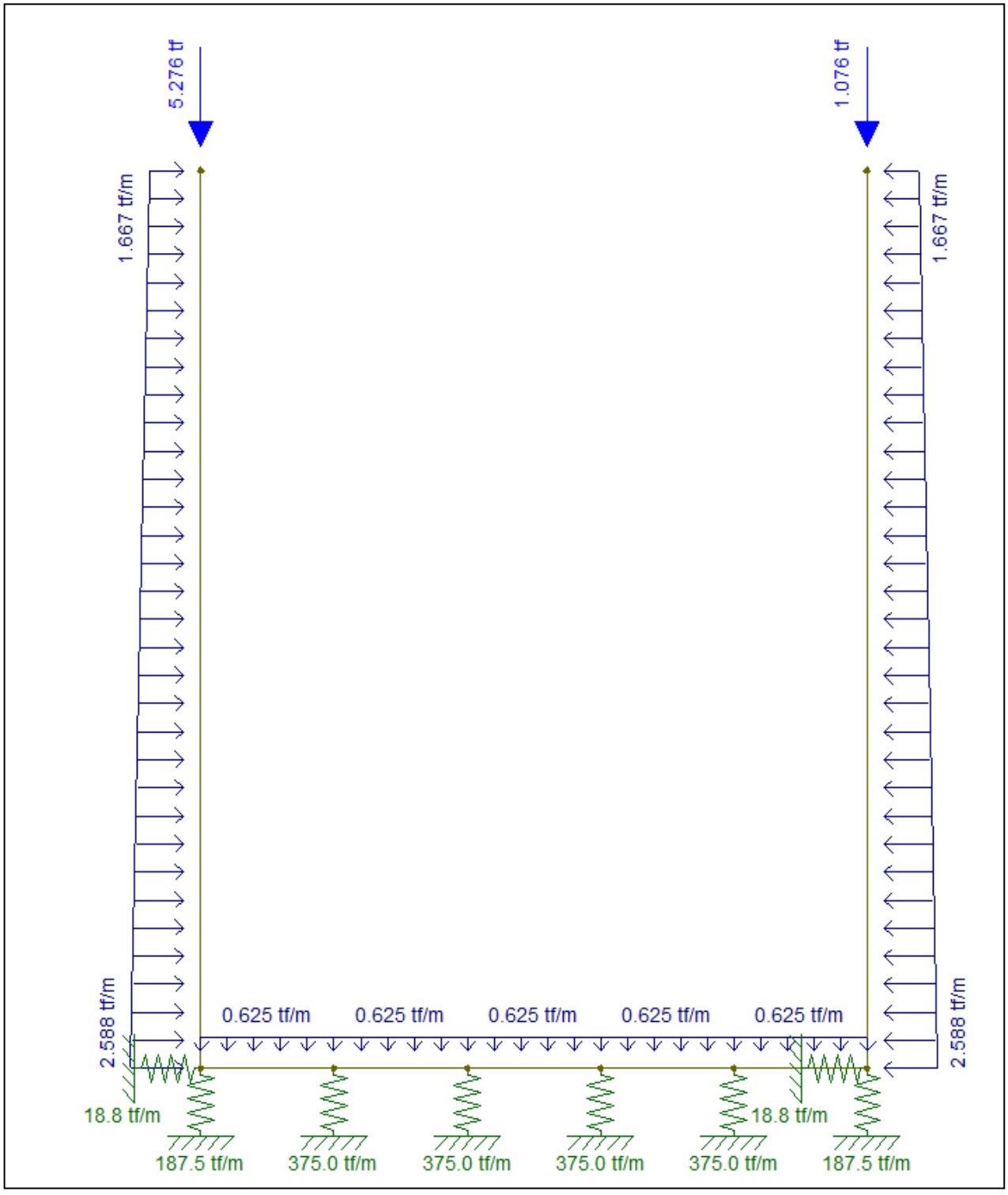
$$1500tf/m^3 x\ 0{,}25m\ x\ 1{,}0m = 375\ tf/m$$

10.2 ESFORÇOS NA GRADE

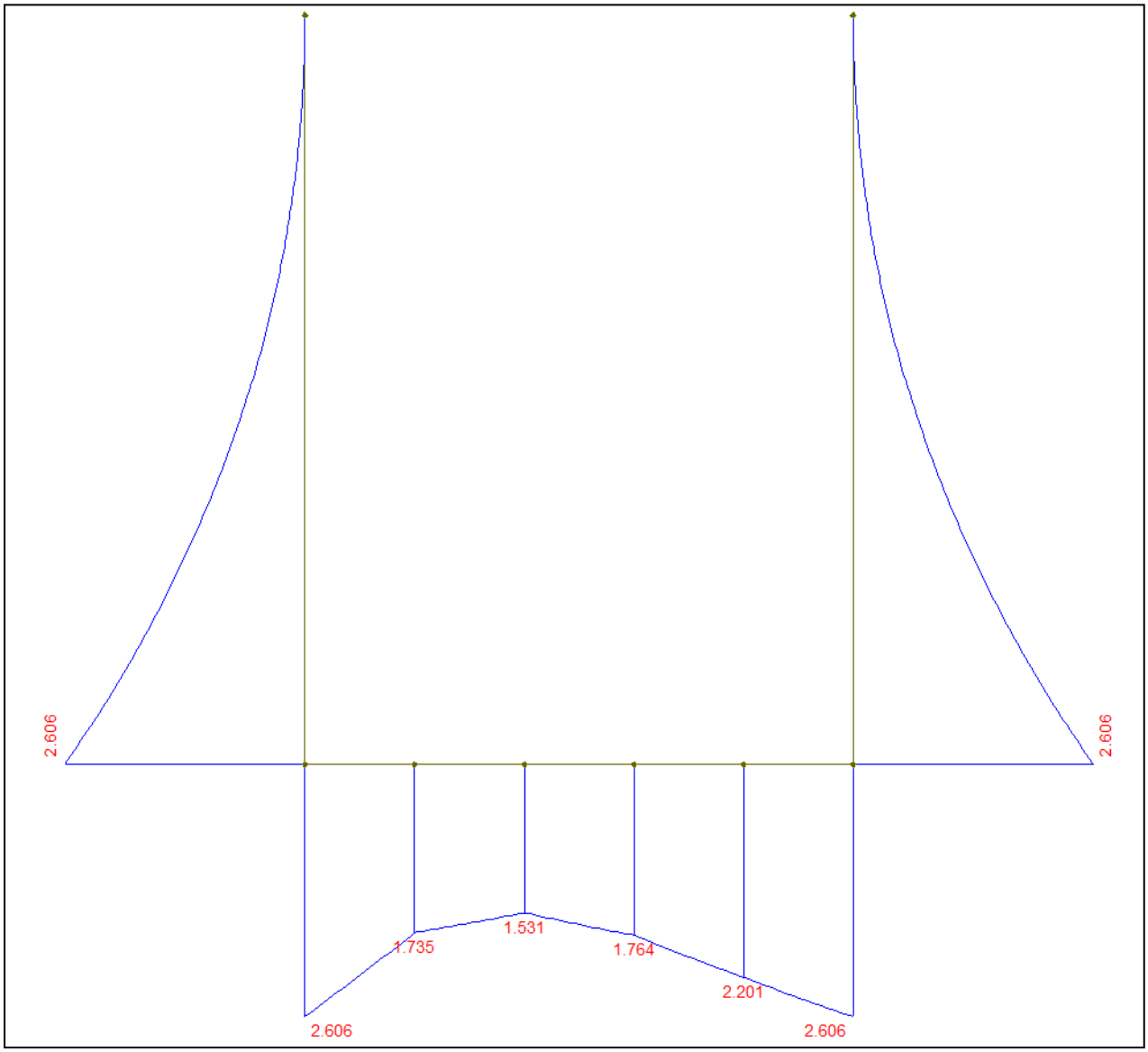


10.3 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO - RODA NA EXTREMIDADE

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



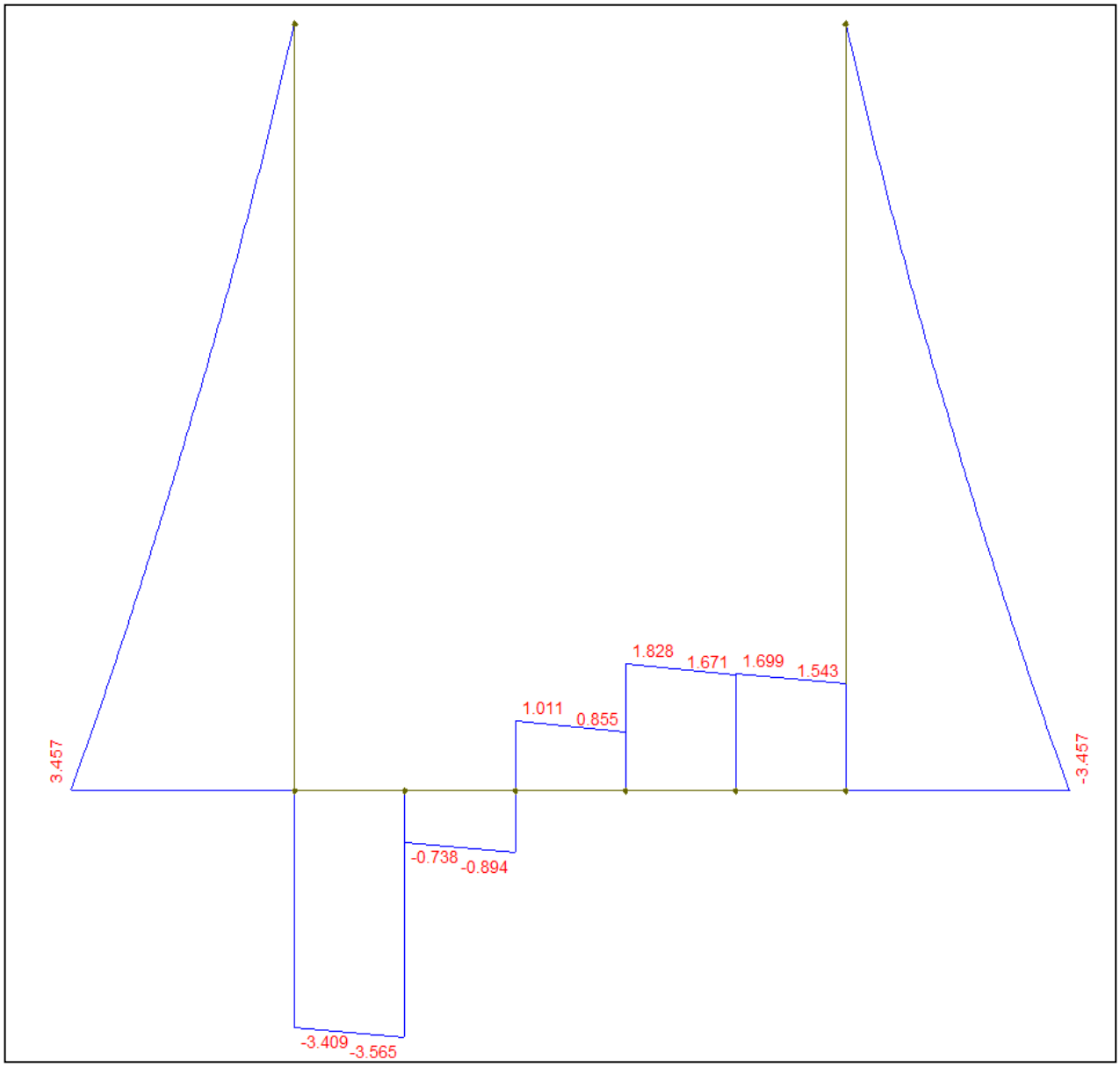
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

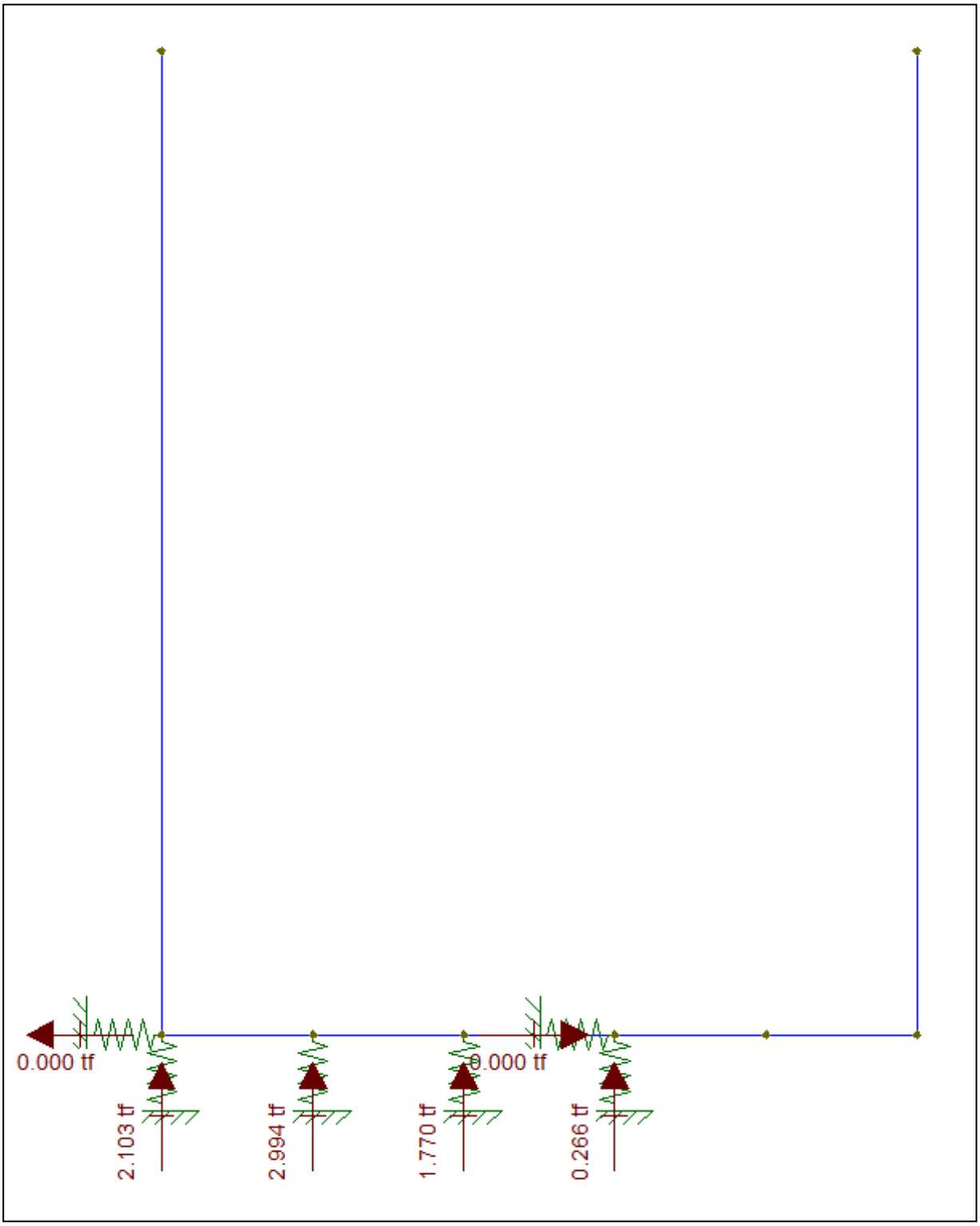
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	20	2606	50	0,00	4,31	4,31	0,141	10	18,2	ø 10,0 c/ 18,0

- Diagrama de Esforço Cortante



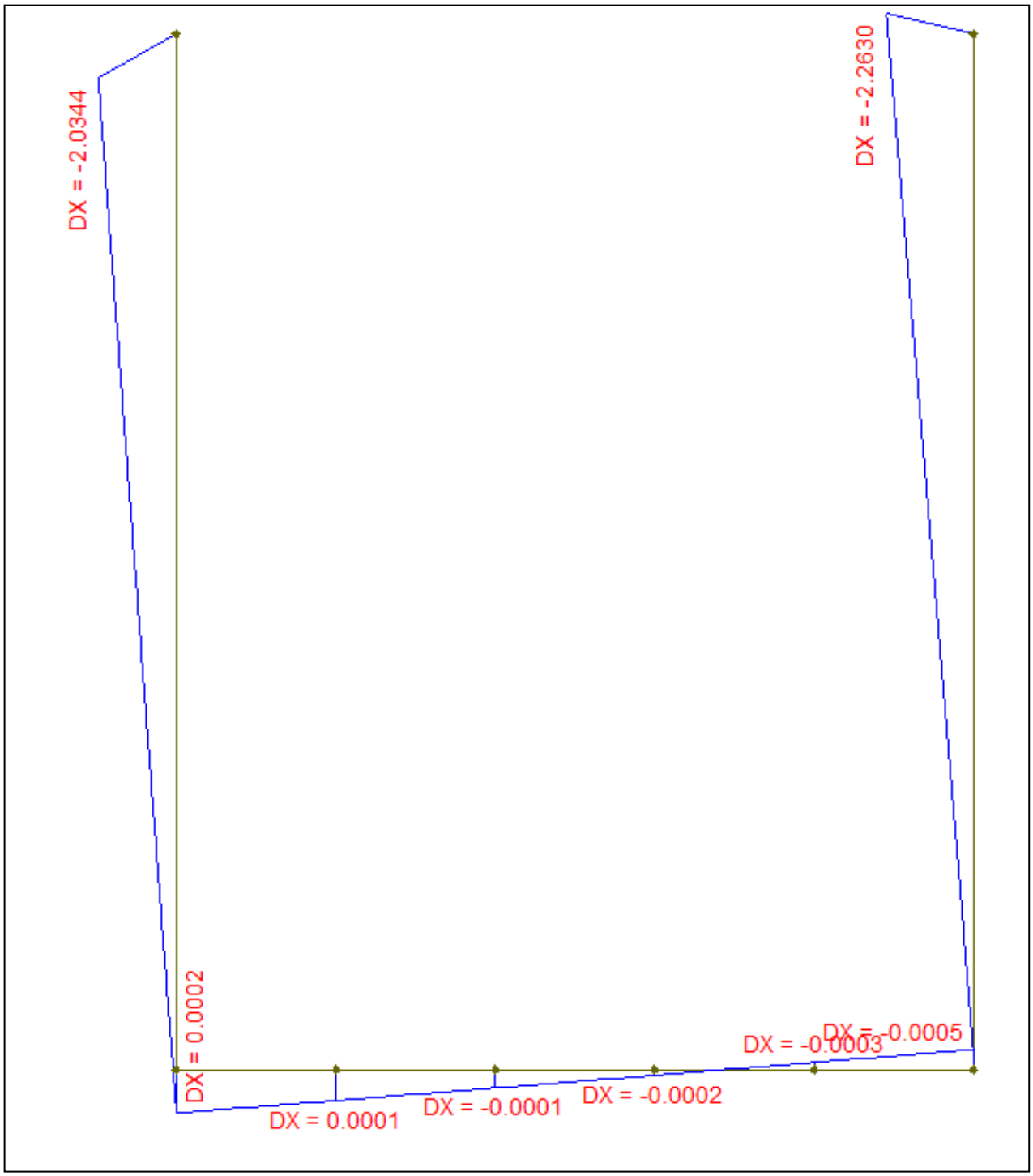
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		35,7	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,250	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,200	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		343	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	121,65	kN
V_d	$V * \gamma_f$	49,98	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:



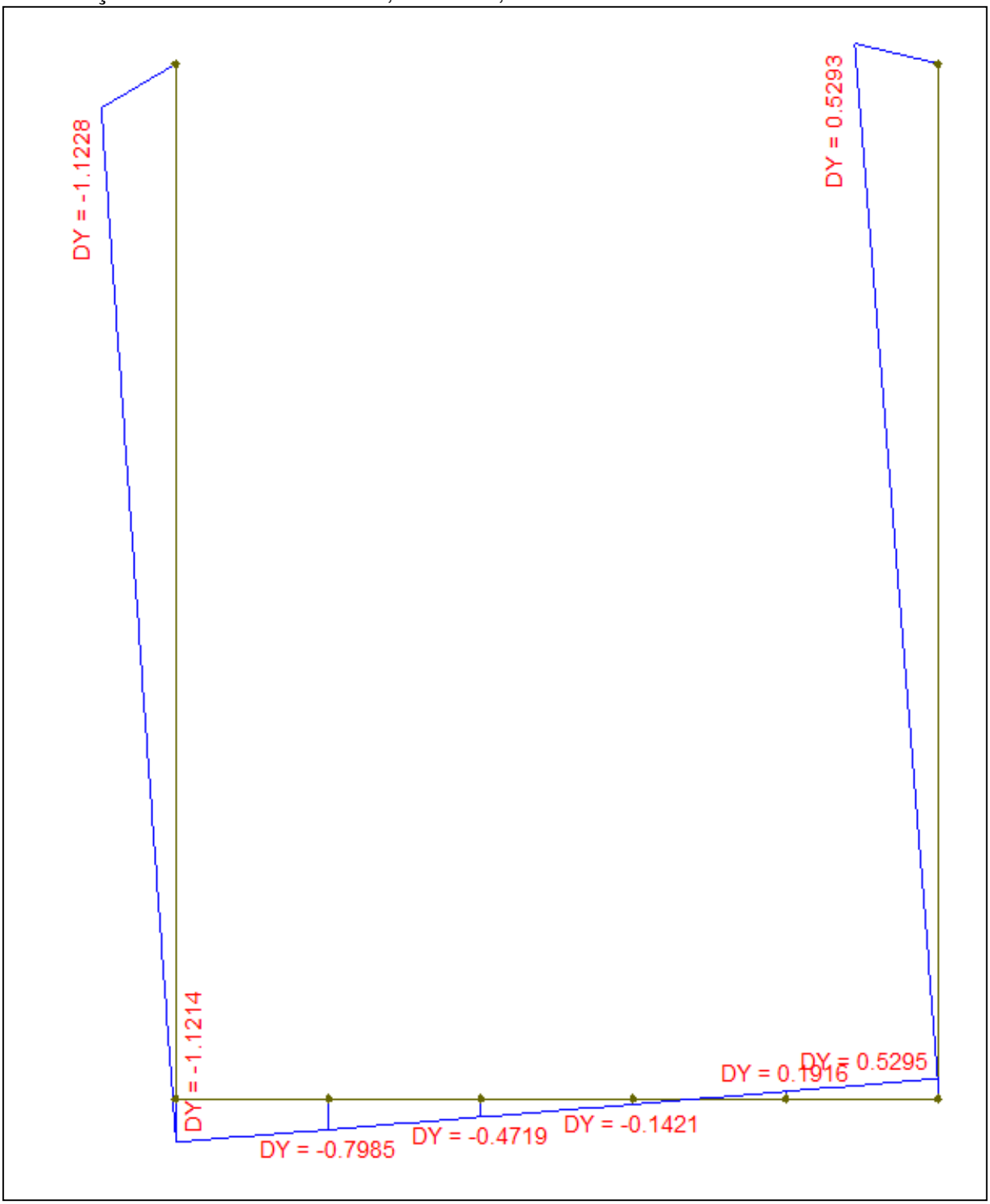
-
-
- Reação máxima = 2994kgf

-
- Tensão máxima = 2994 / (25 x 100) = 1,198 Kgf/cm²
- Deformações:



-
- Deformação máxima horizontal = 2,263 - 2,034 = 0,229 cm

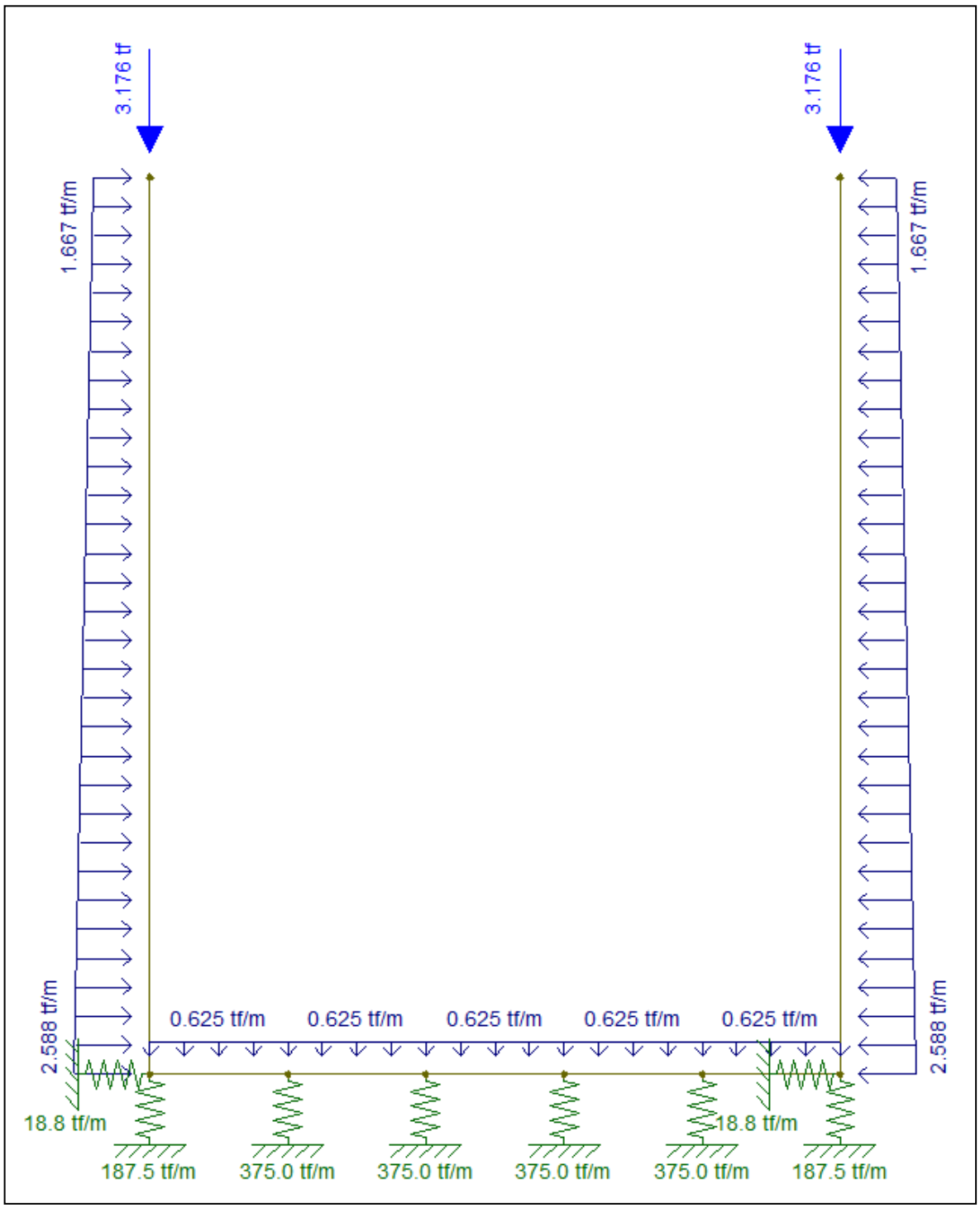
-
- Deformação horizontal limite = 162,5/150 = 1,083 cm



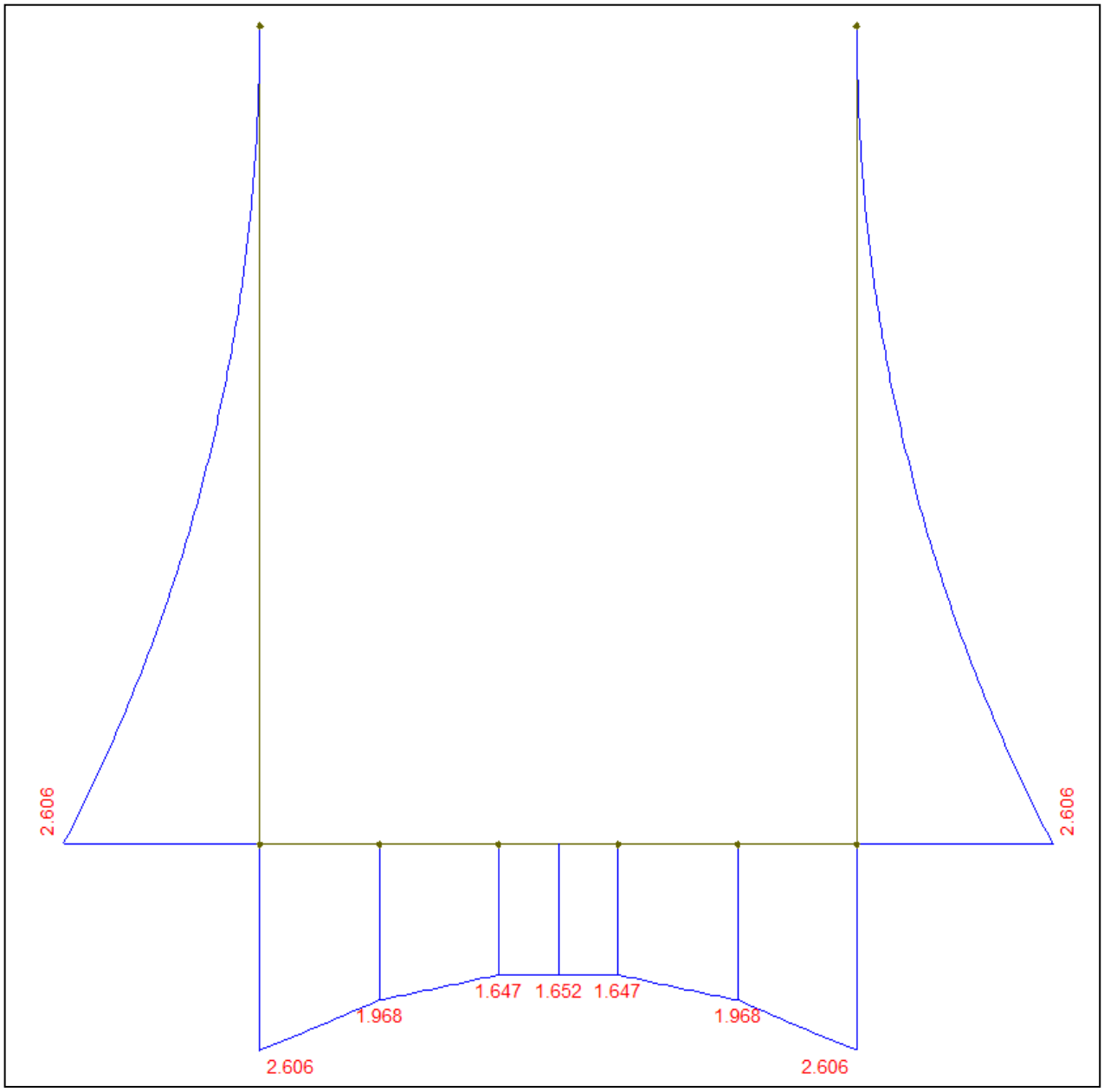
-
- Deslocamento máxima vertical = 1,122 cm

10.4 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO - RODA NO EIXO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



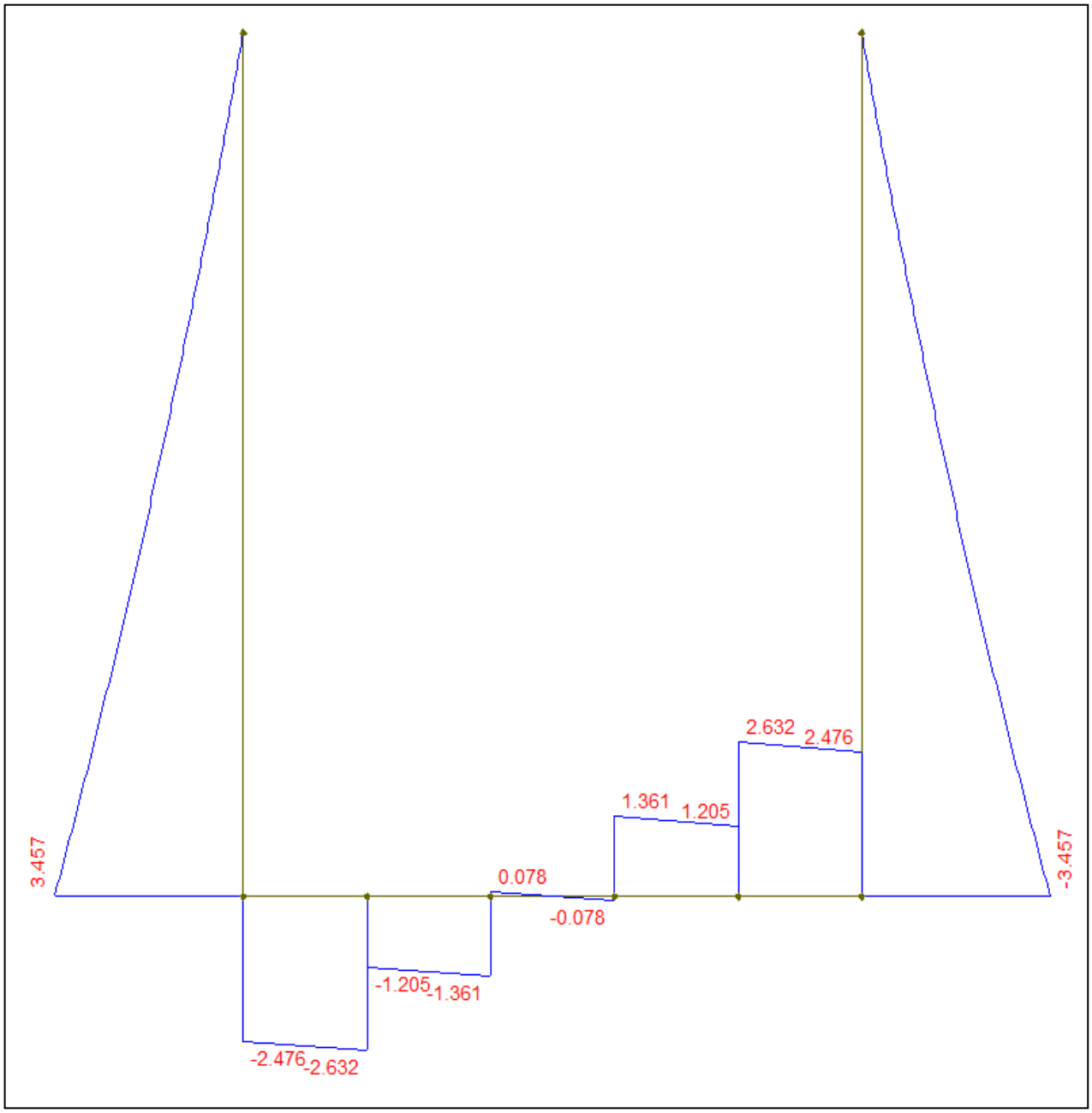
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

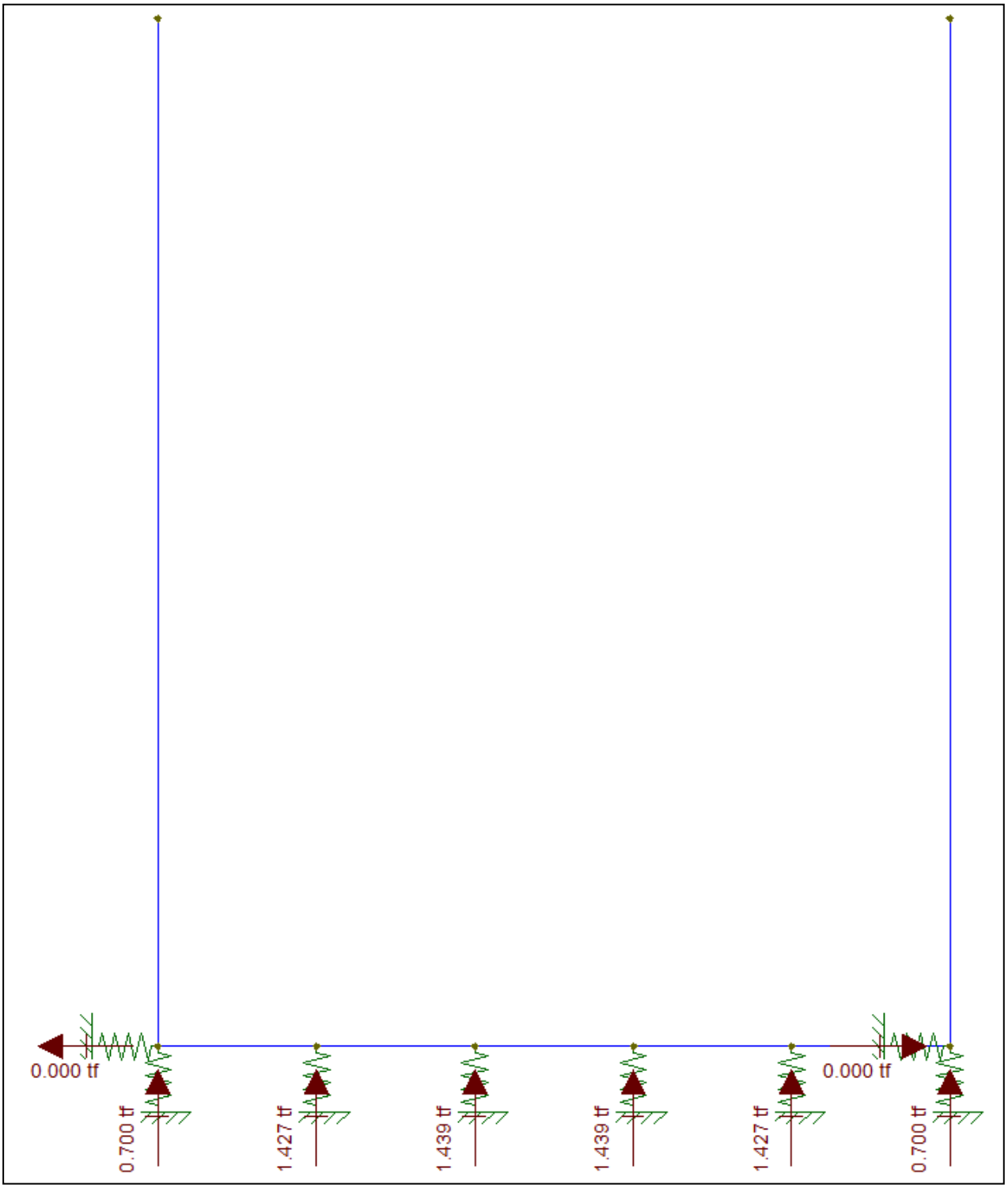
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	20	2606	50	0,00	4,31	4,31	0,141	10	18,2	ø 10,0 c/ 18,0

- Diagrama de Esforço Cortante



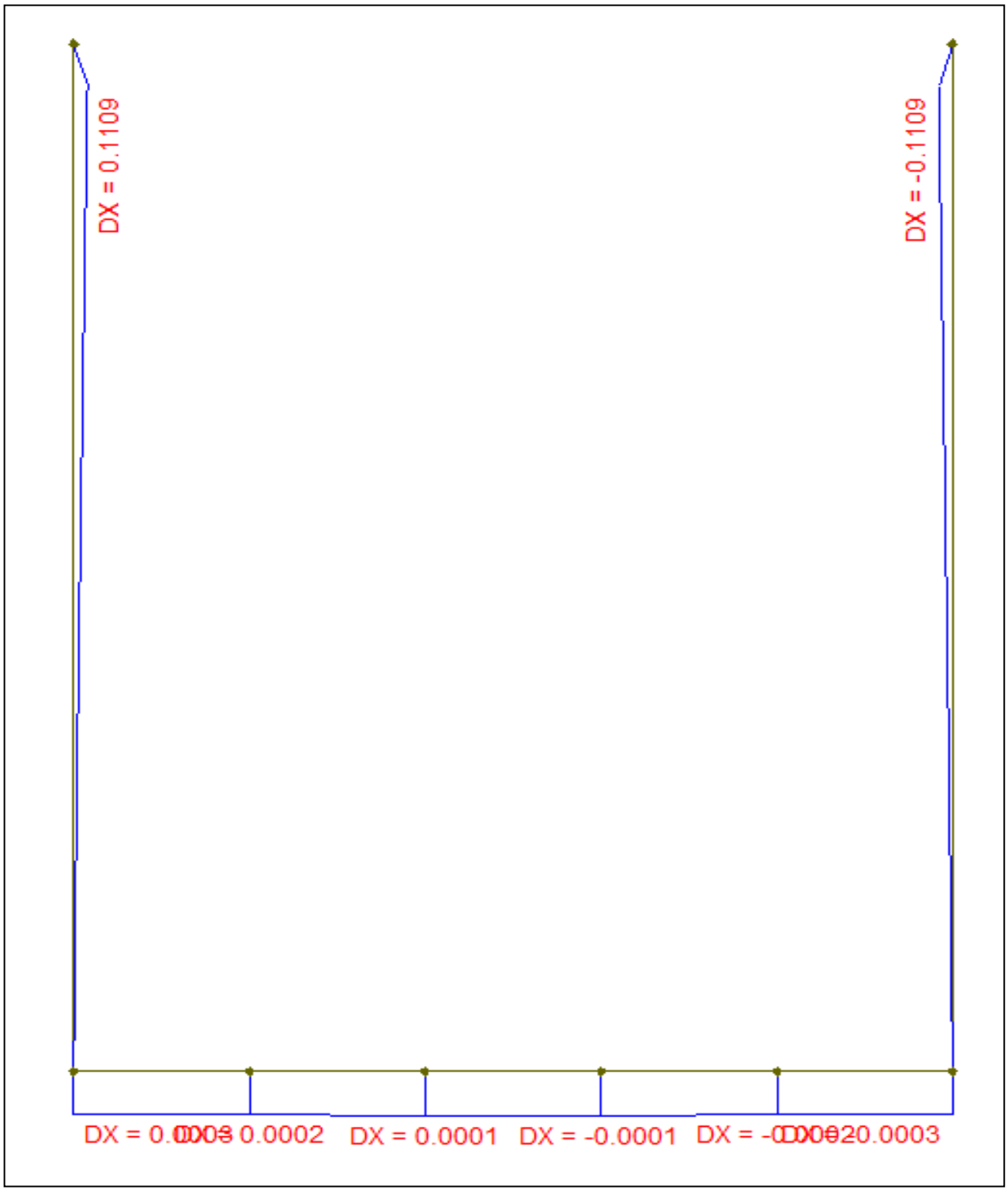
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		34,6	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,250	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,200	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		343	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	121,65	kN
V_d	$V * \gamma_f$	48,44	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:



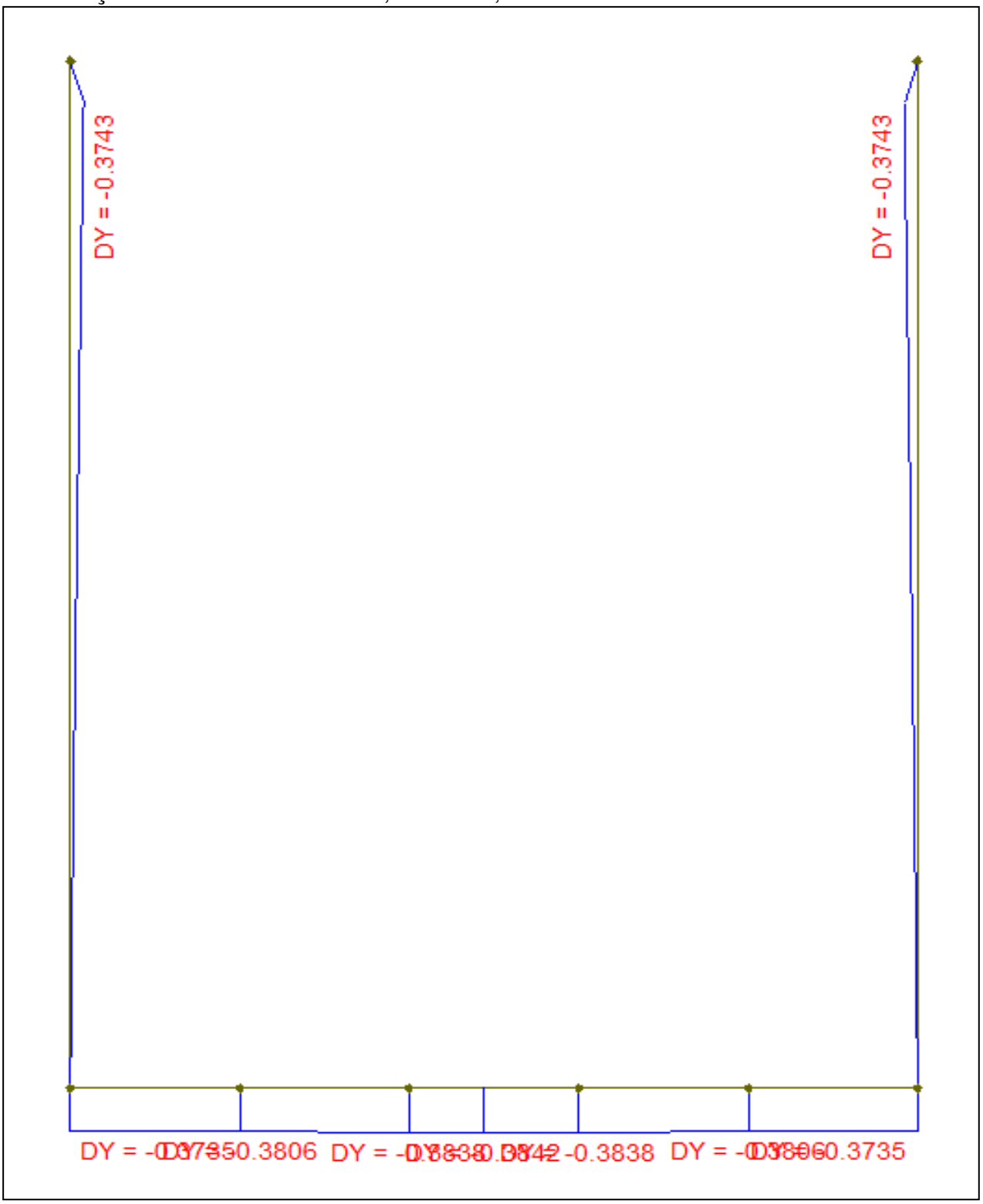
- Reação máxima = 1439kgf
- Tensão máxima = 1439 / (25 x 100) = 0,576 Kgf/cm²

-
- Deformações:



-
- Deformação máxima horizontal = 0,111 cm

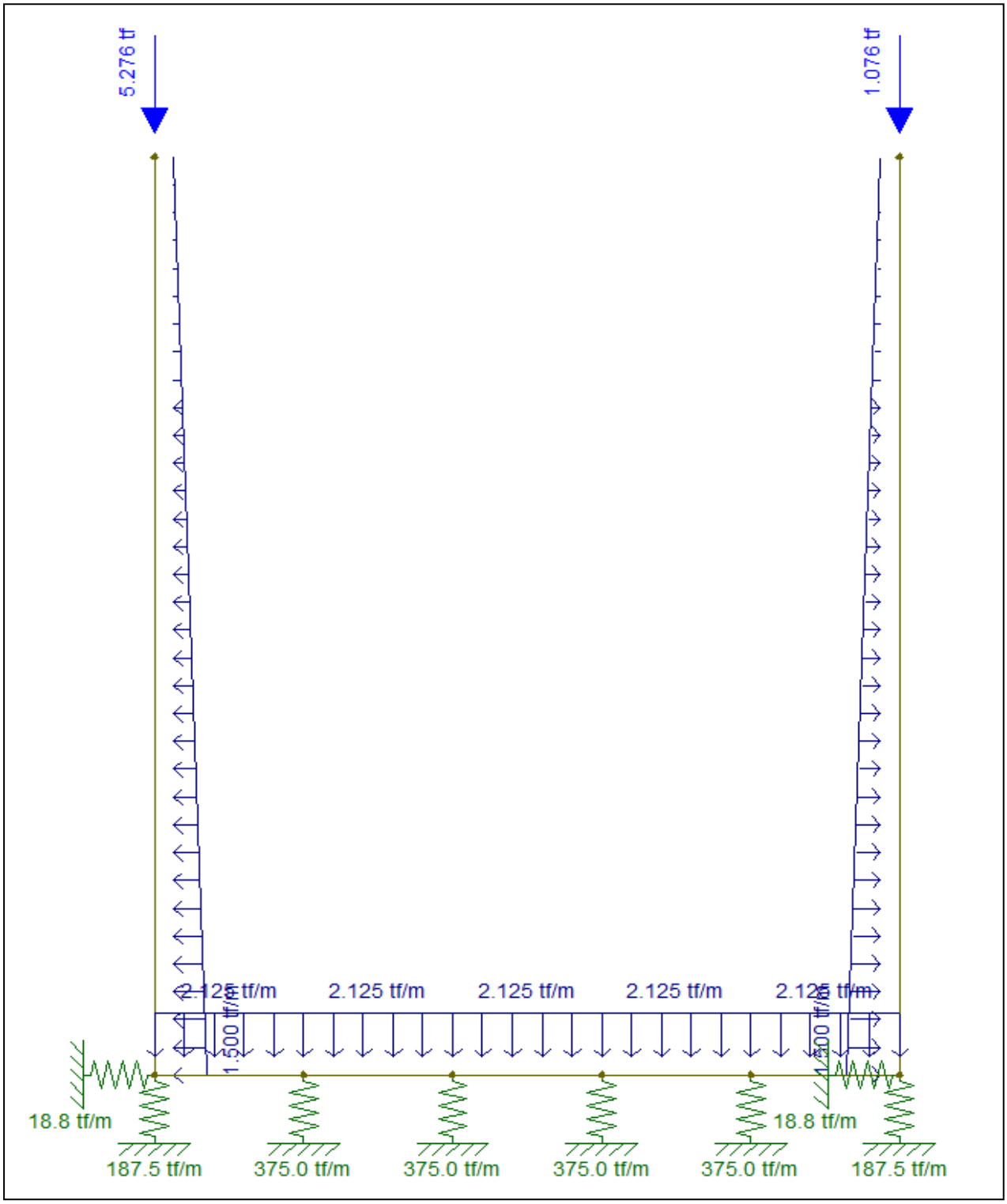
- Deformação horizontal limite = 162,5/150 = 1,083 cm



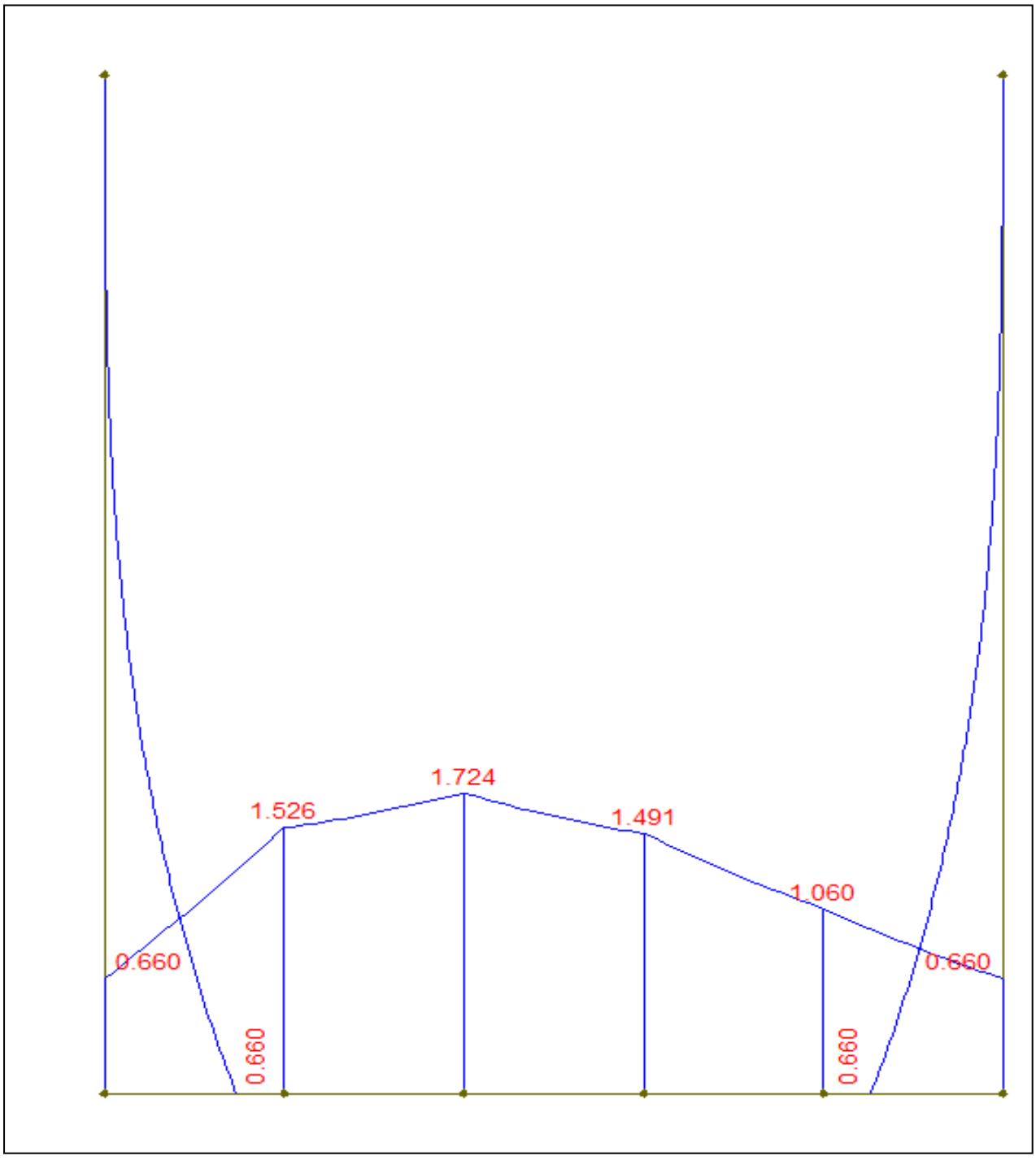
- Deformação máxima vertical = 0,384 cm

10.5 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO - RODA NA EXTREMIDADE

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



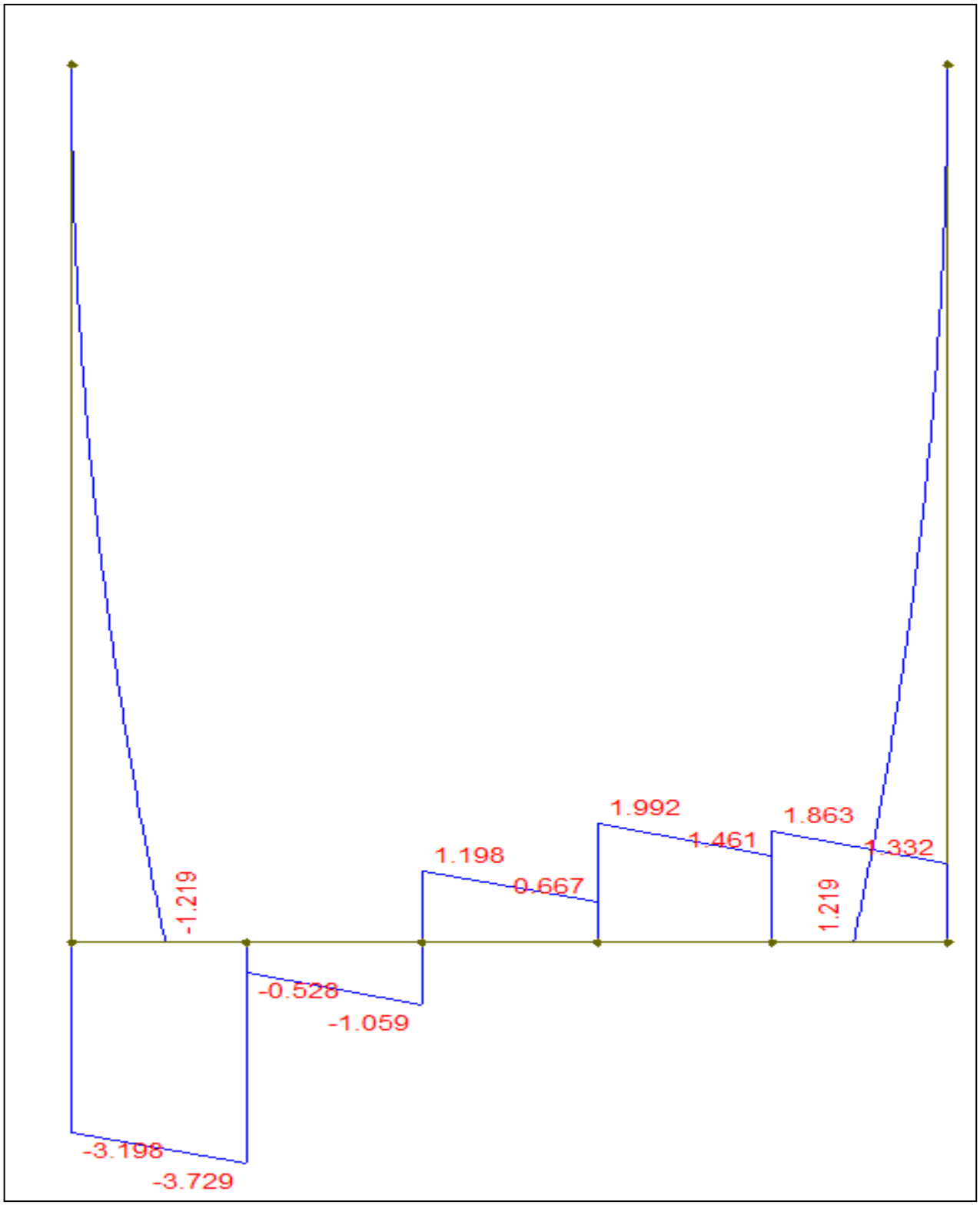
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

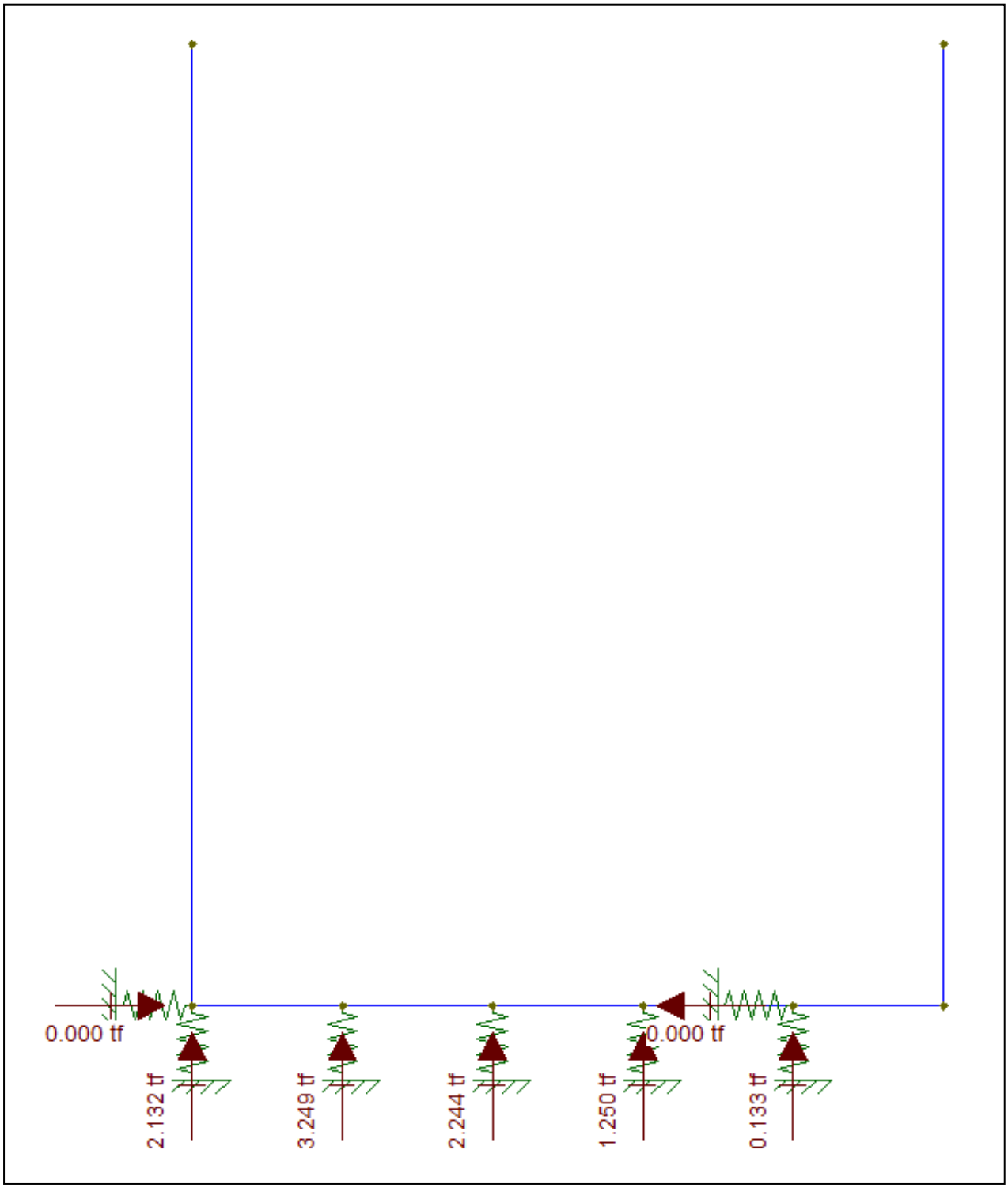
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	20	1724	50	0,00	2,82	3,75	0,087	10	20,9	ø 10,0 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante


1.992
1.863
1.461
1.332
1.198
0.667
-1.219
1.219
-0.528
-1.059
-3.198
-3.729

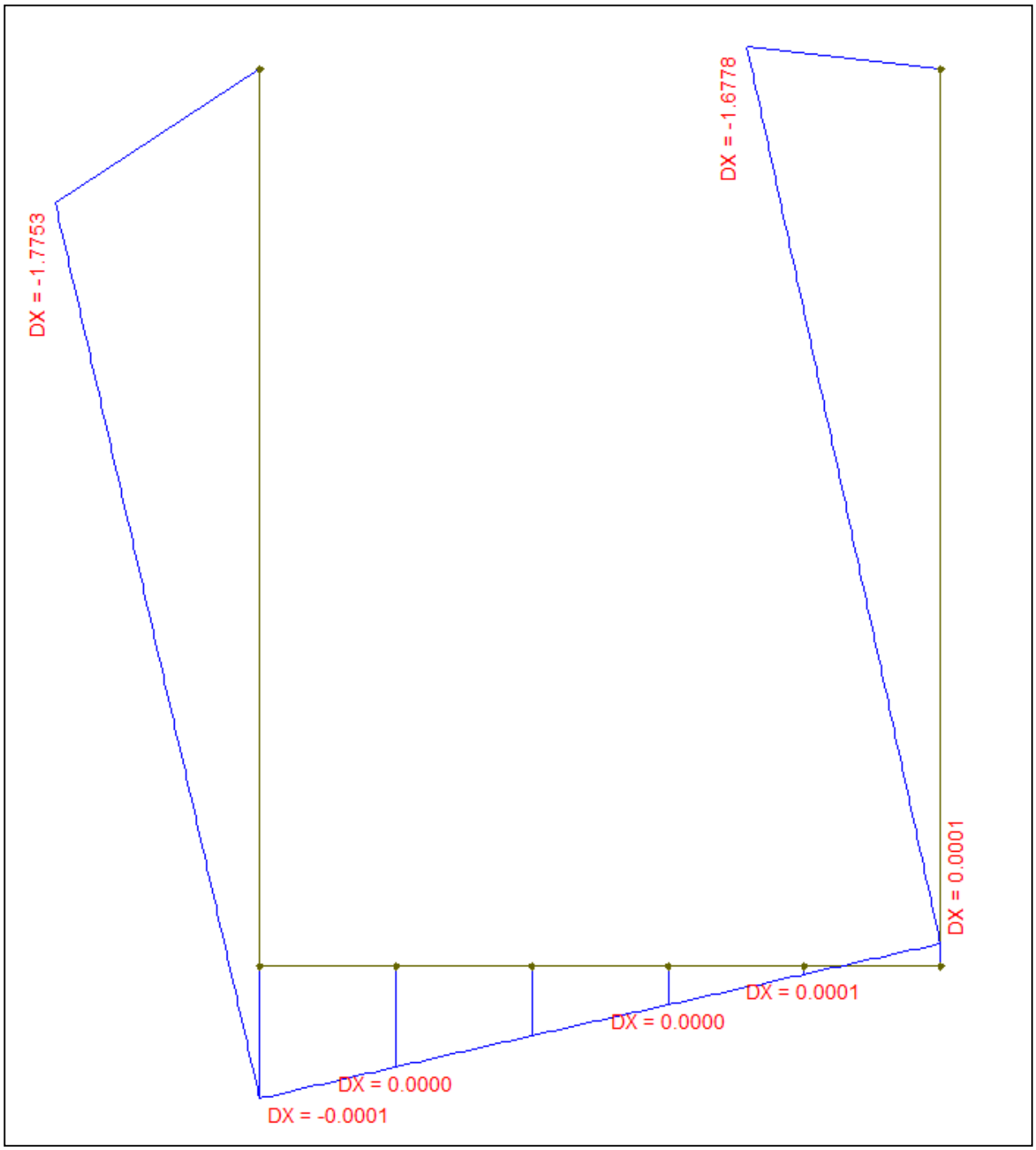
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		37,3	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,250	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,200	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		343	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	121,65	kN
V_d	$V * \gamma_f$	52,22	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{v1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

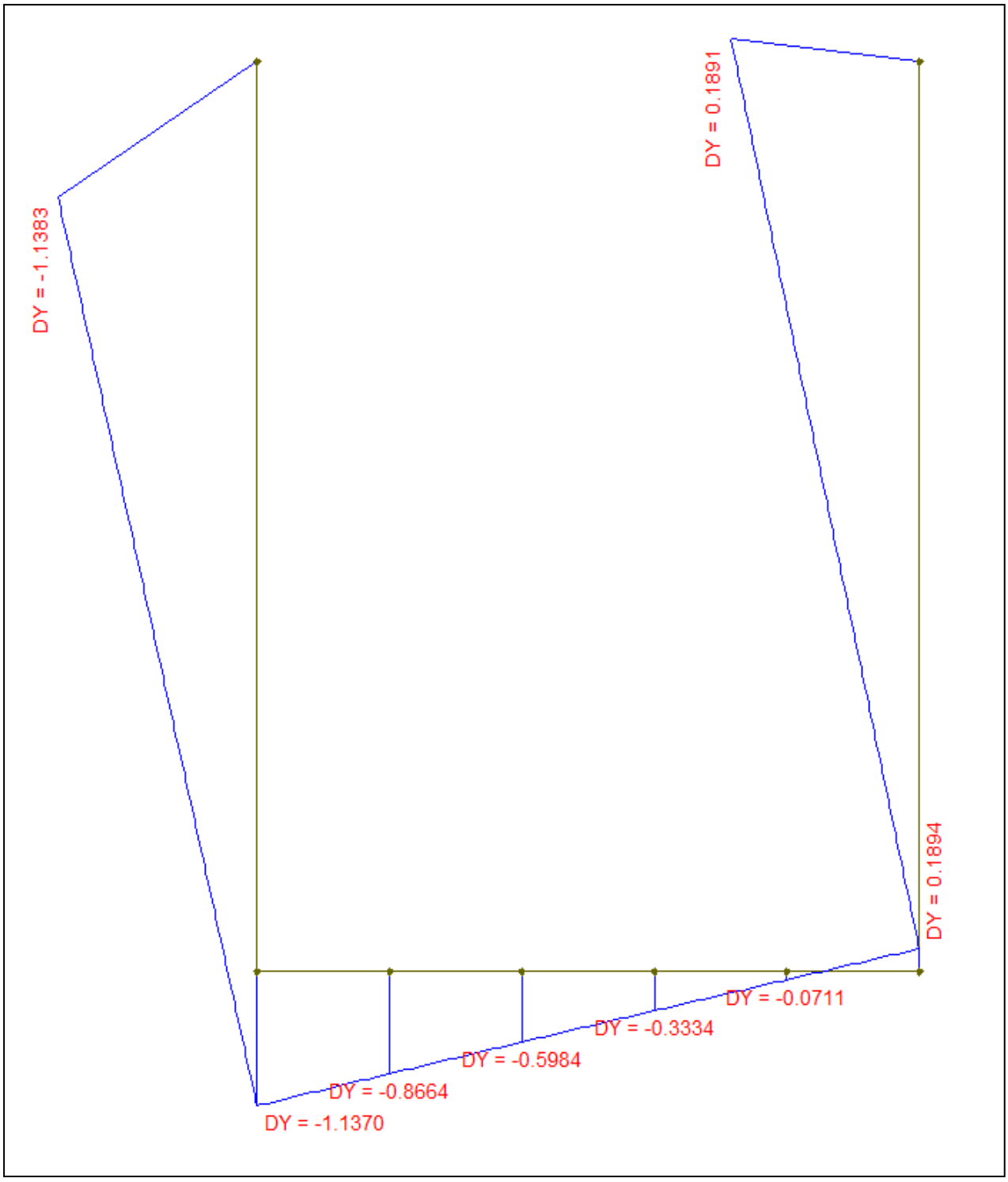


- Reação máxima = 3249 kgf
- Tensão máxima = 3249 / (25 x 100) = 1,30 Kgf/cm²

-
- Deformações:



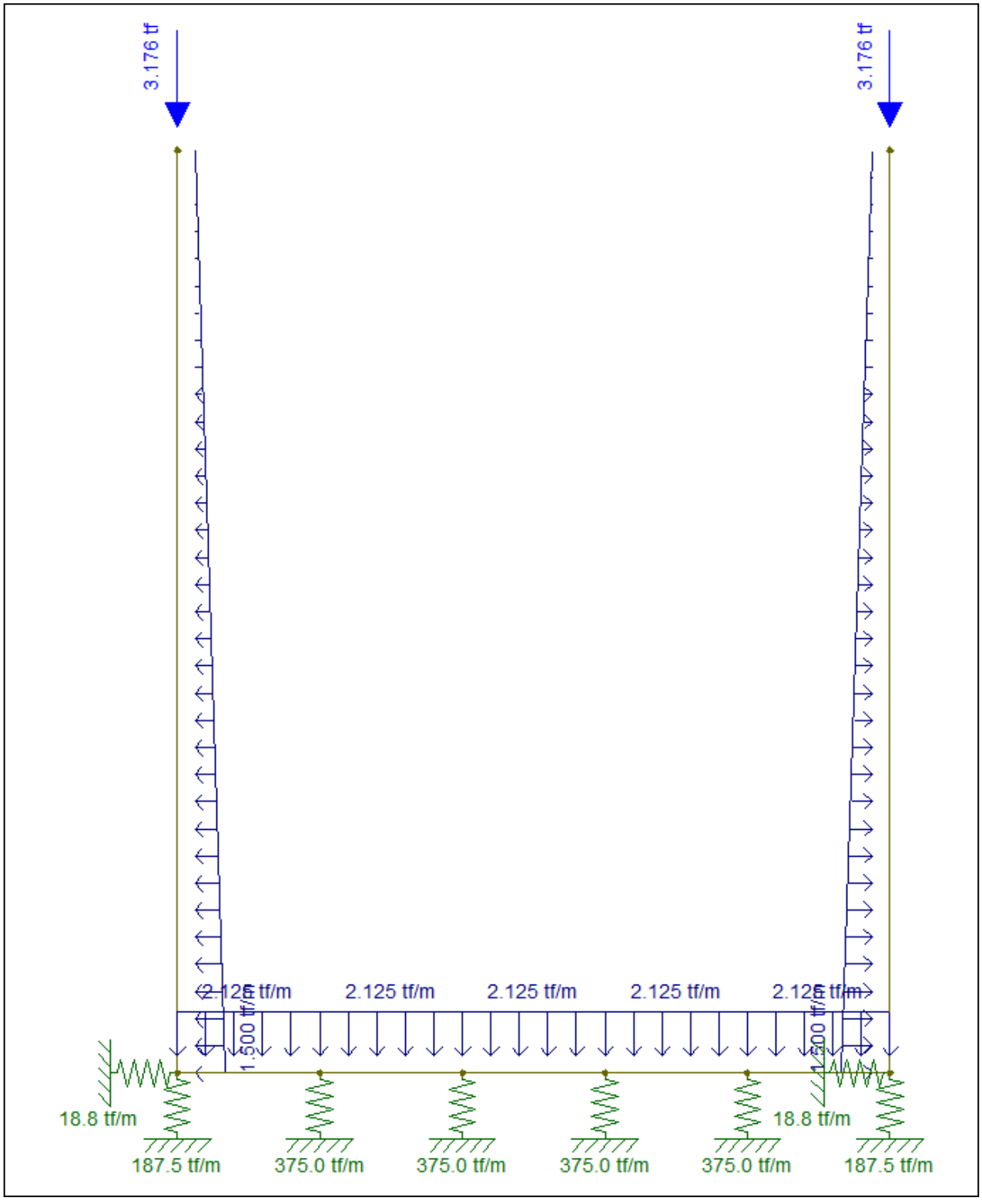
-
- Deformação máxima horizontal = 1,776 - 1,678 = 0,098 cm
- Deformação horizontal limite = 162,5/150 = 1,083 cm



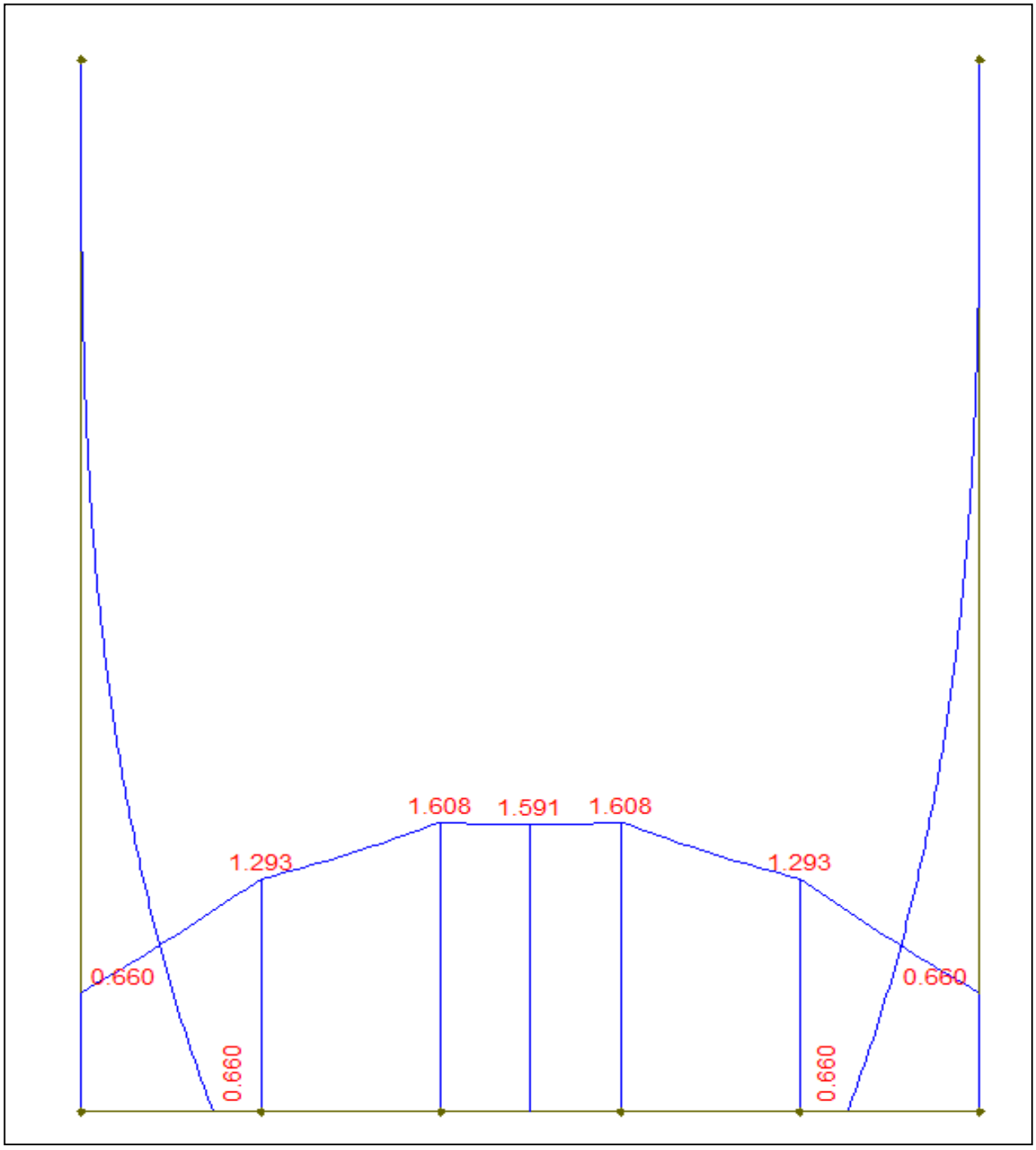
-
- Deslocamento máximo vertical = 1,138 cm

10.6 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO - RODA NO EIXO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



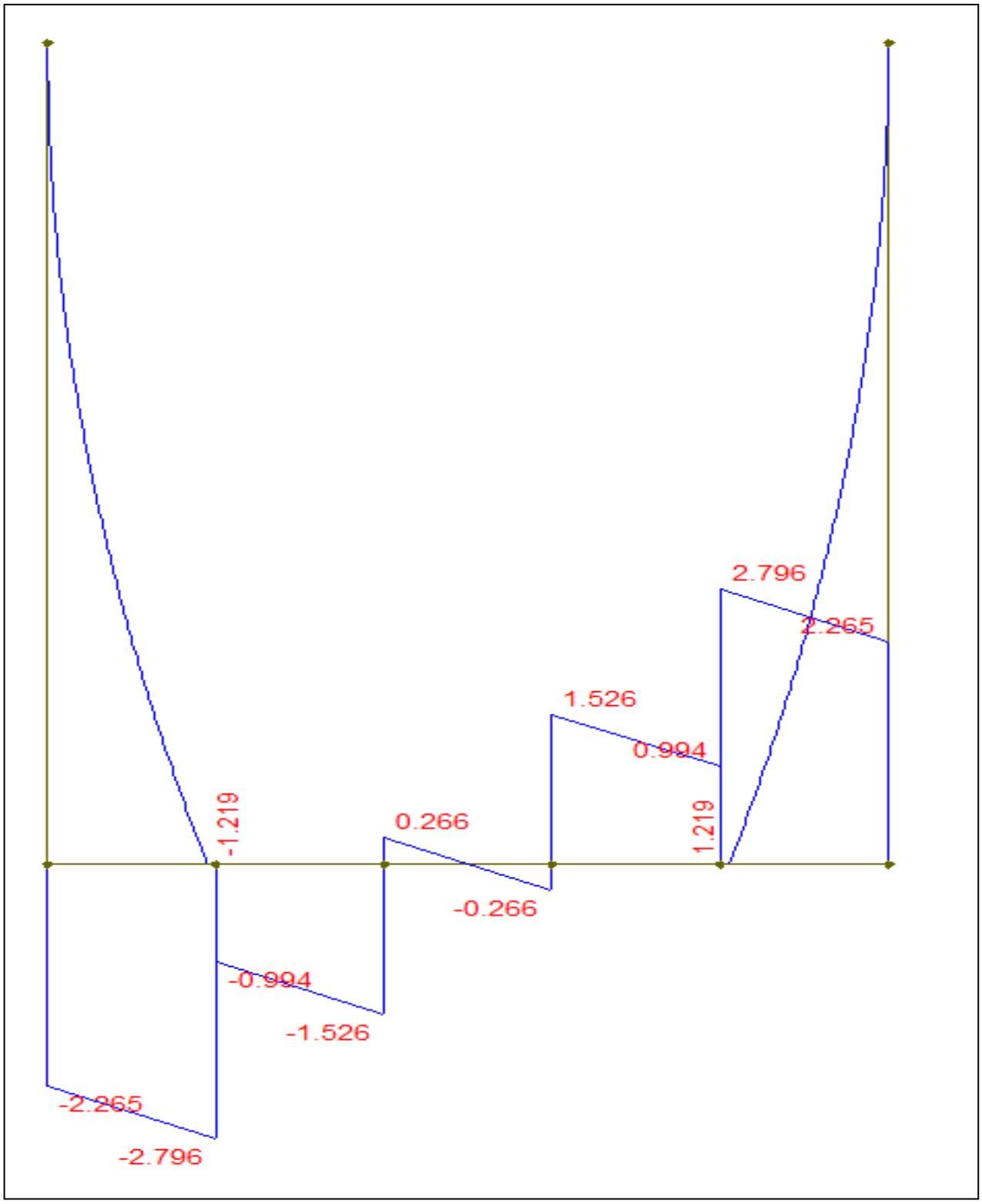
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

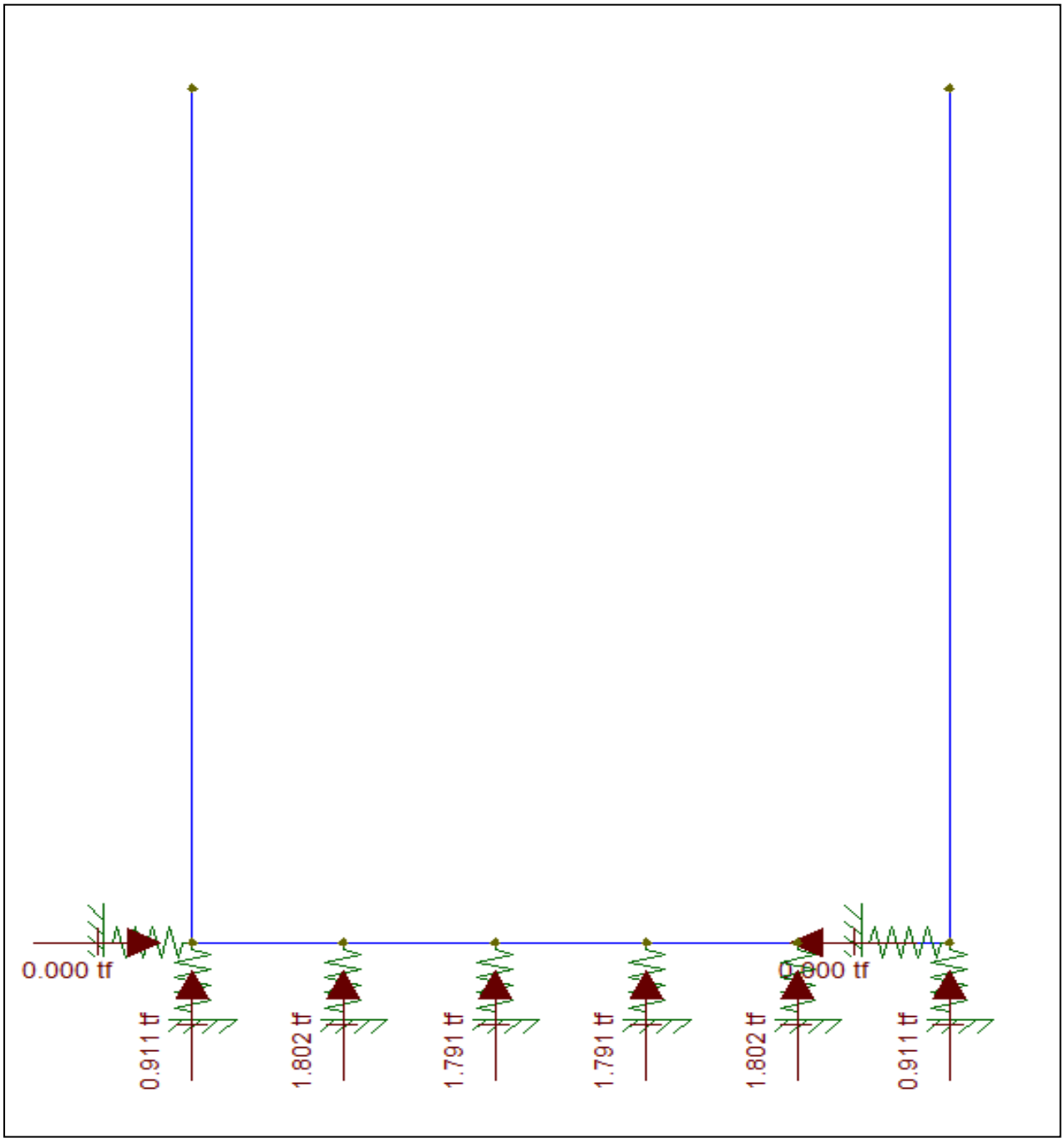
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	25	20	1608	50	0,00	2,63	3,75	0,076	10	20,9	ø 10,0 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante


2.796
2.265
1.526
0.994
1.219
-1.219
0.266
-0.266
-0.994
-1.526
-2.265
-2.796

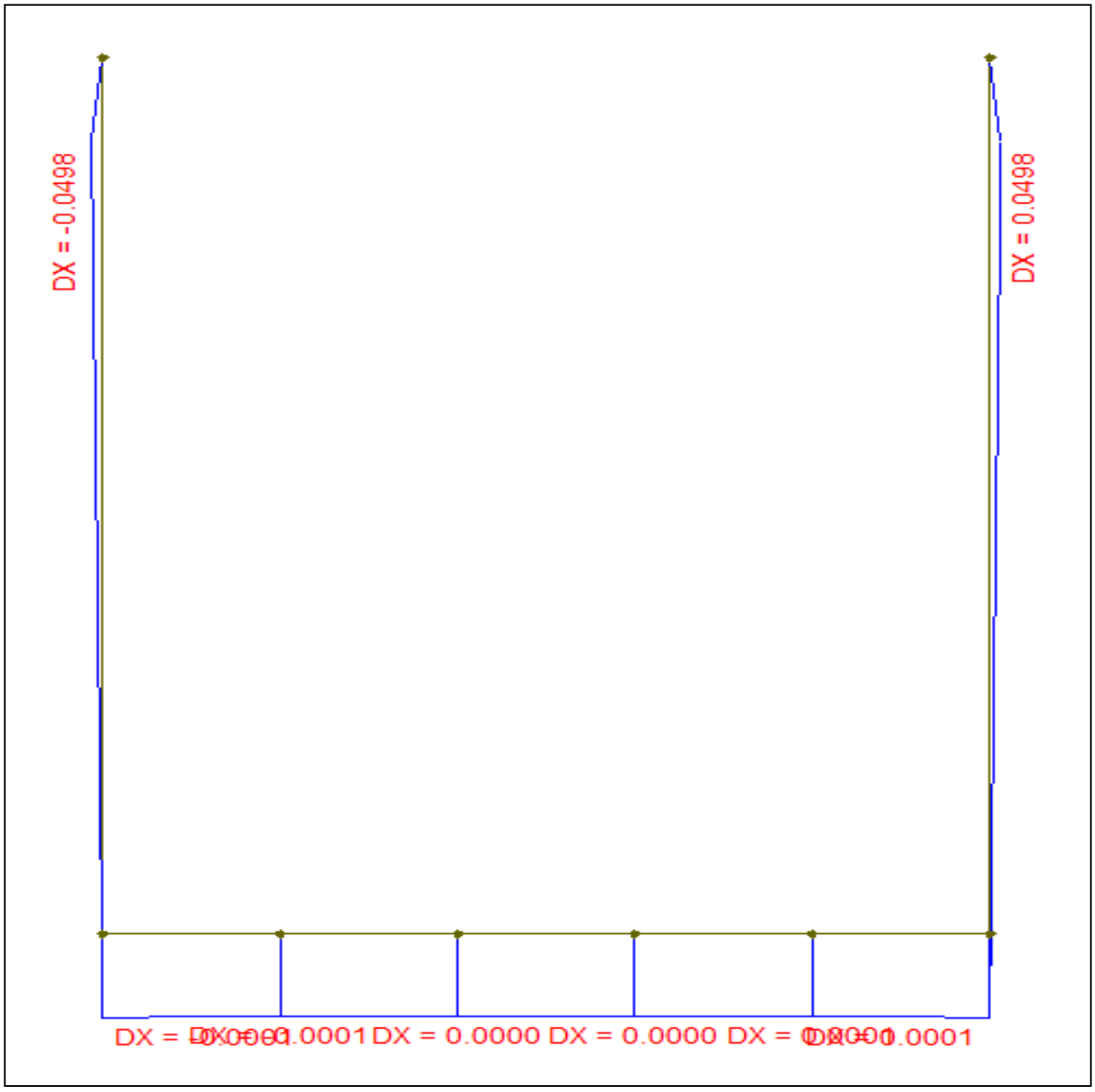
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	OE CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		28,0	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,250	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,200	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		343	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,40	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25 * f_{ctd} * k * (1,2+40 * \rho)+0,15 * \sigma_{cp}] * b_w * d$	121,65	kN
V_d	$V * \gamma_f$	39,20	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	964,29	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

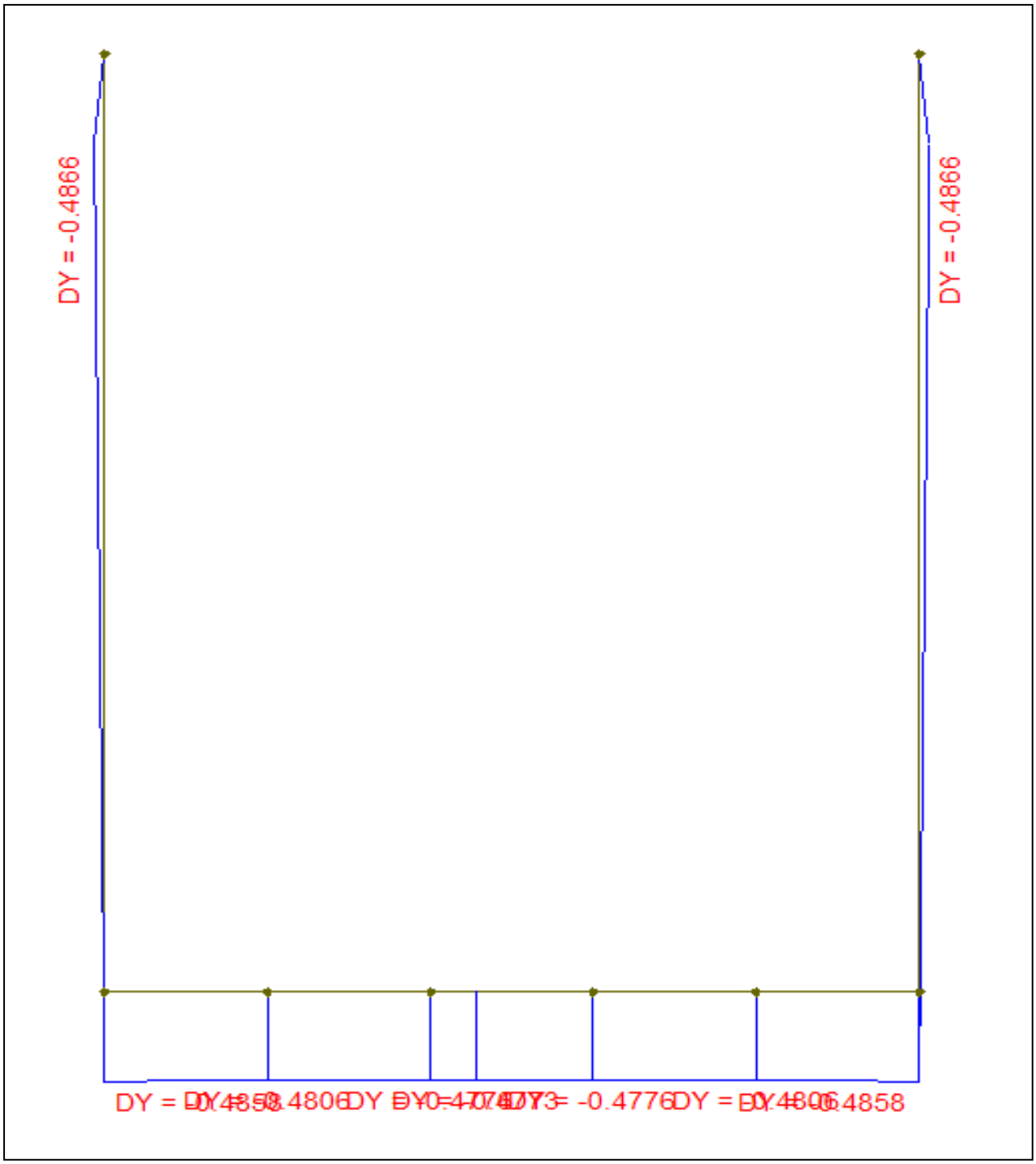


- Reação máxima = 1802 kgf
- Tensão máxima = 1802 / (25 x 100) = 0,721 Kgf/cm²

- Deformações:



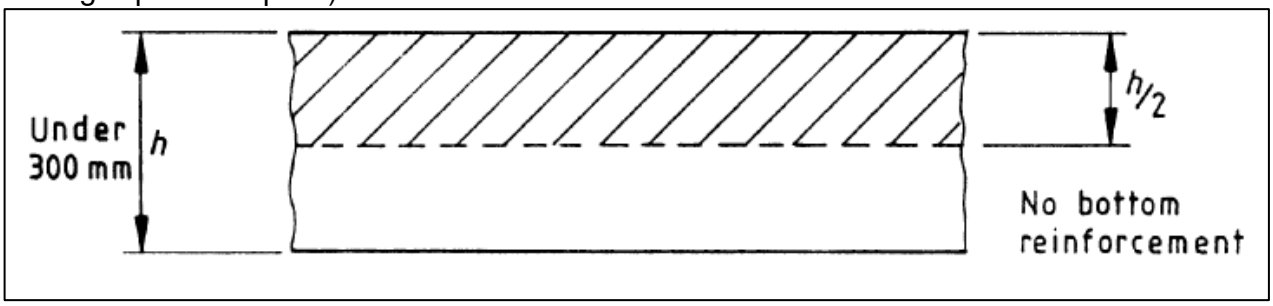
-
- Deformação máxima horizontal = 0,05 cm
- Deformação horizontal limite = 162,5/150 = 1,083 cm



-
- Deformação máxima vertical = 0,487 cm
-
-
-
-
-

10.7 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm < h → hsup=h/2 – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)



Para h = 25cm → hsup= 25/2 = 12,5cm

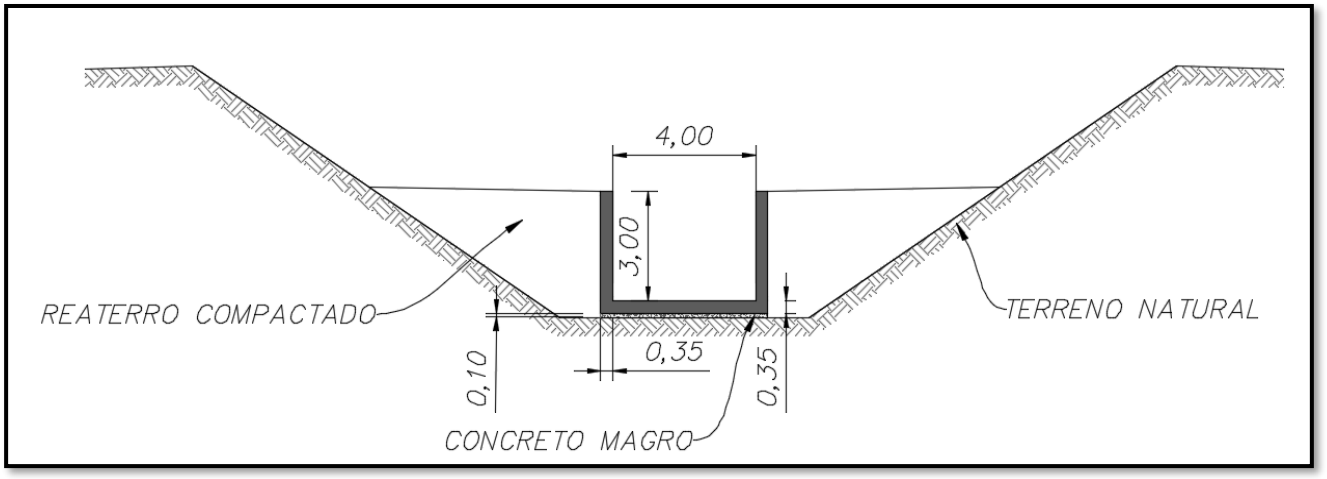
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

- $A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
- A_s = 0,8 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (12,5 cm x 100 cm) / 3600 kgf/cm² =
- A_s = 6,7 cm² - ø 10 c/10
-

10.8 RESUMO:

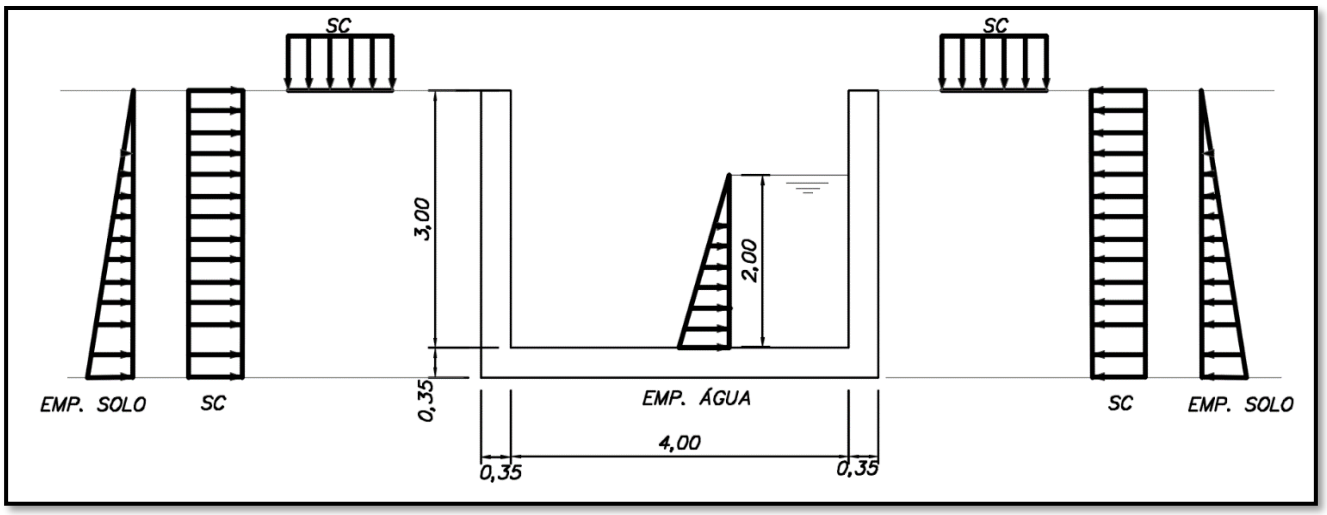
- Parede e fundo com espessura de 25 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: ø 10 c/10
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: ø 10 c/10
-
-

11.0 DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASSOR - SEÇÃO 4,0X3,0 - TRECHO LISO



11.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



Empuxo do Solo = γ x h x Ka = 1,7 x 3,175 x 0,333 = 1,799 tf/m²
Sobrecarga = sc x Ka = 1,0 x 0,333 = 0,333 tf/m²

Empuxo da Água = γ x h = 1,0 x 2,00 = 2,00 tf/m²
Peso próprio das paredes = 2,5 x 0,35 x 3,175 = 2,778 tf/m
Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,35 = 0,875 tf/m²
Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

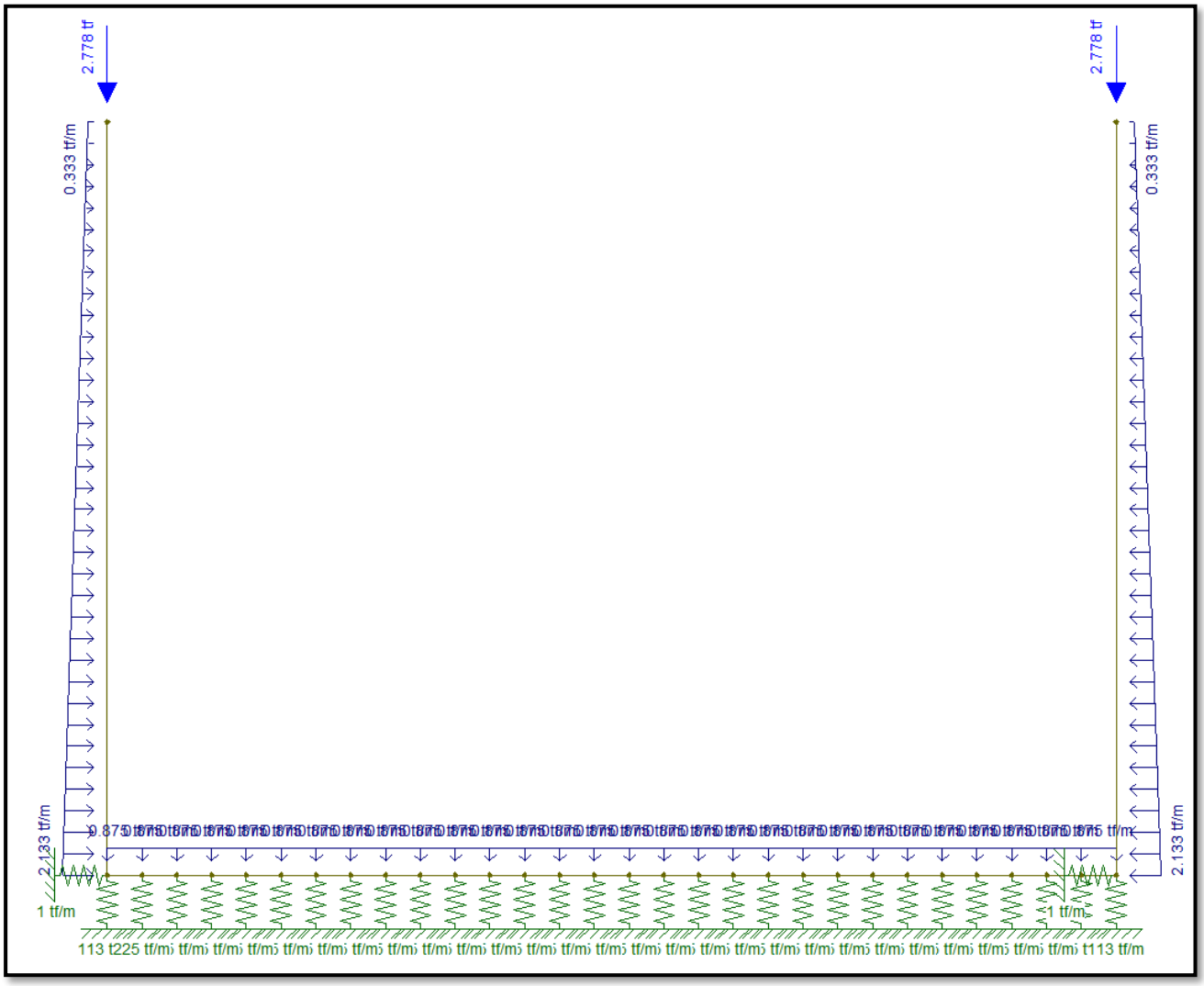
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de$k_r = 15MPa/m$.
Para a distância entre nós de 15 cm temos:

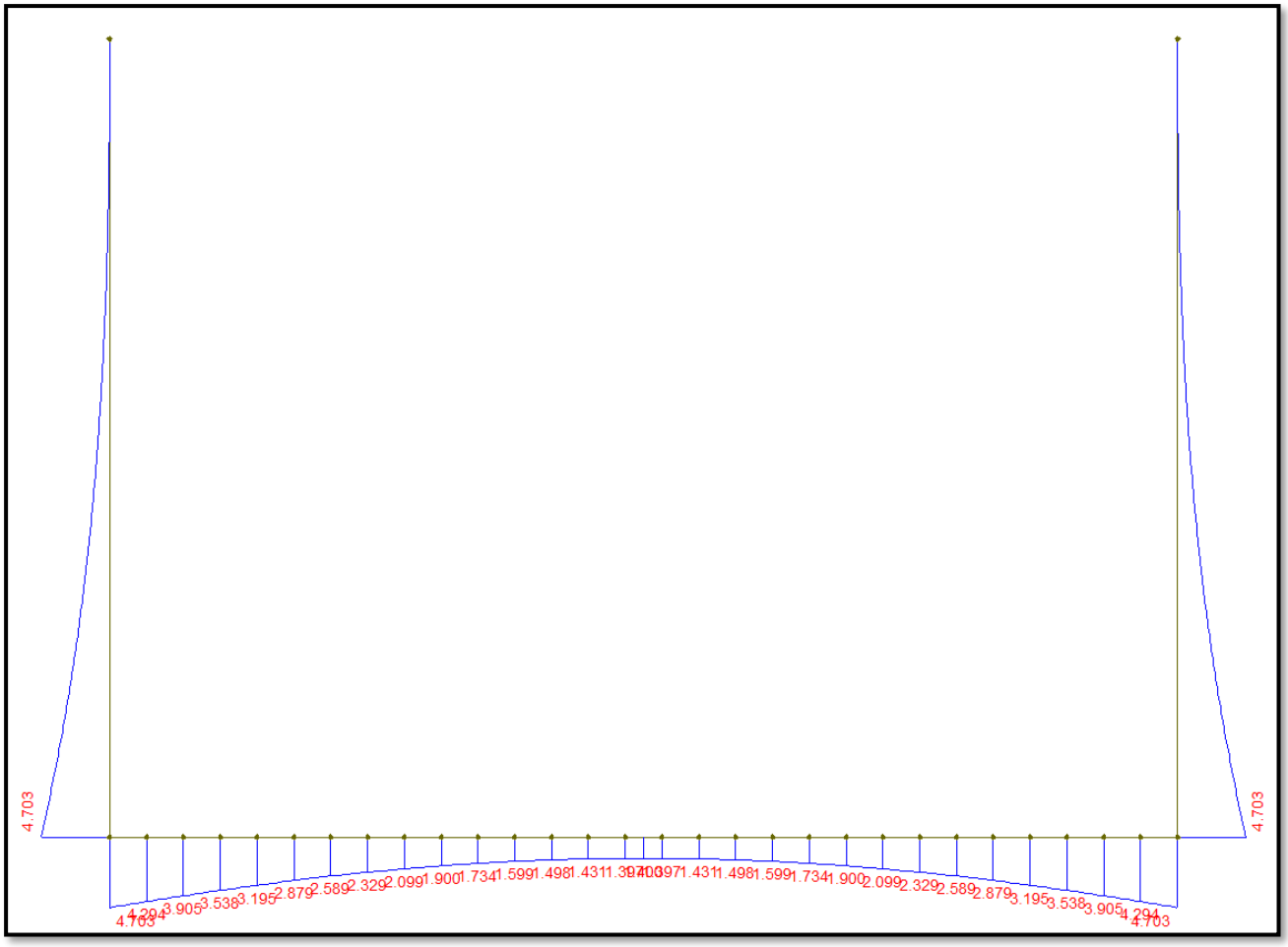
$1500tf/m^3 x\ 0{,}15m\ x\ 1{,}0m = 225tf/m$

11.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



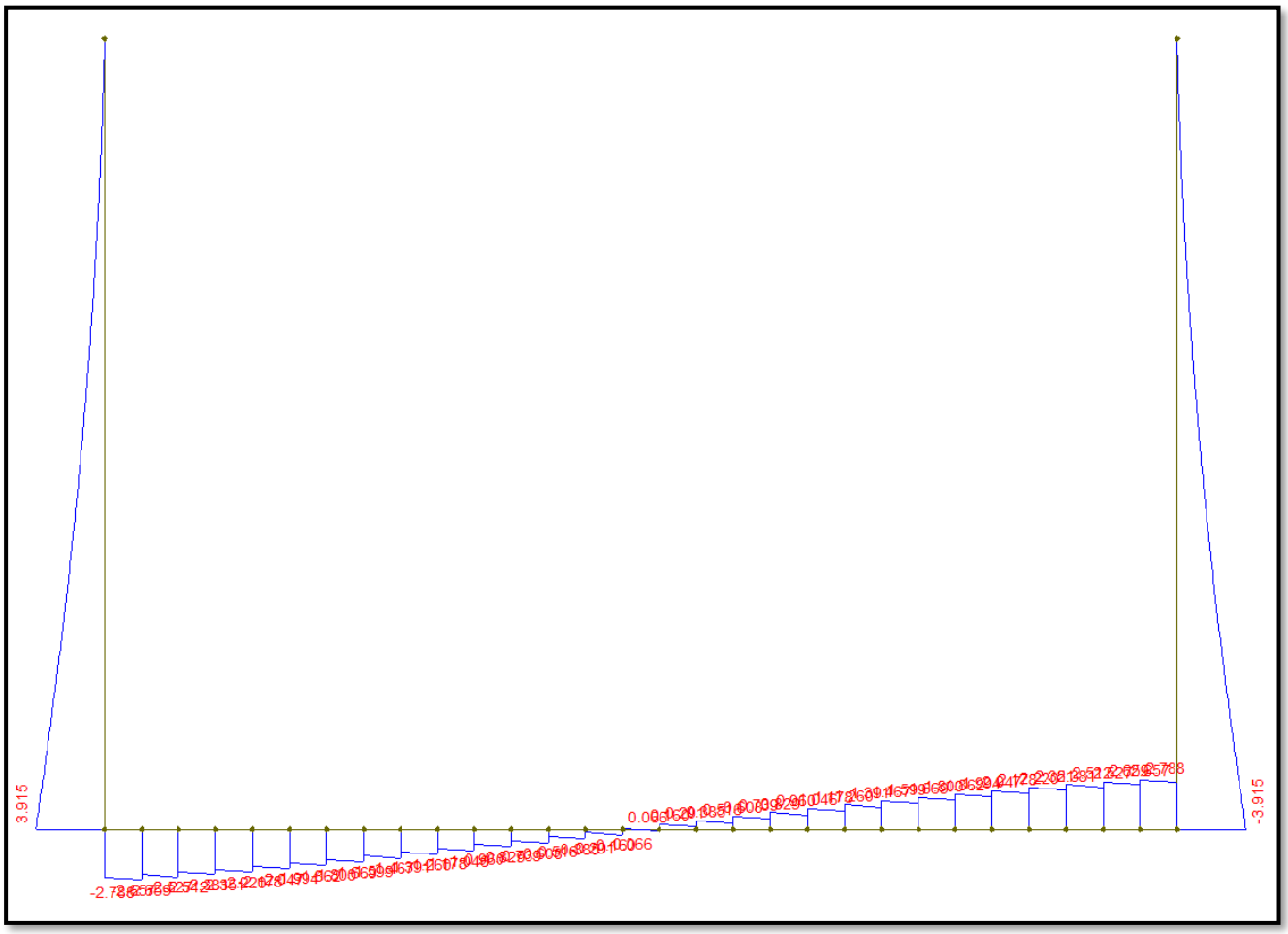
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

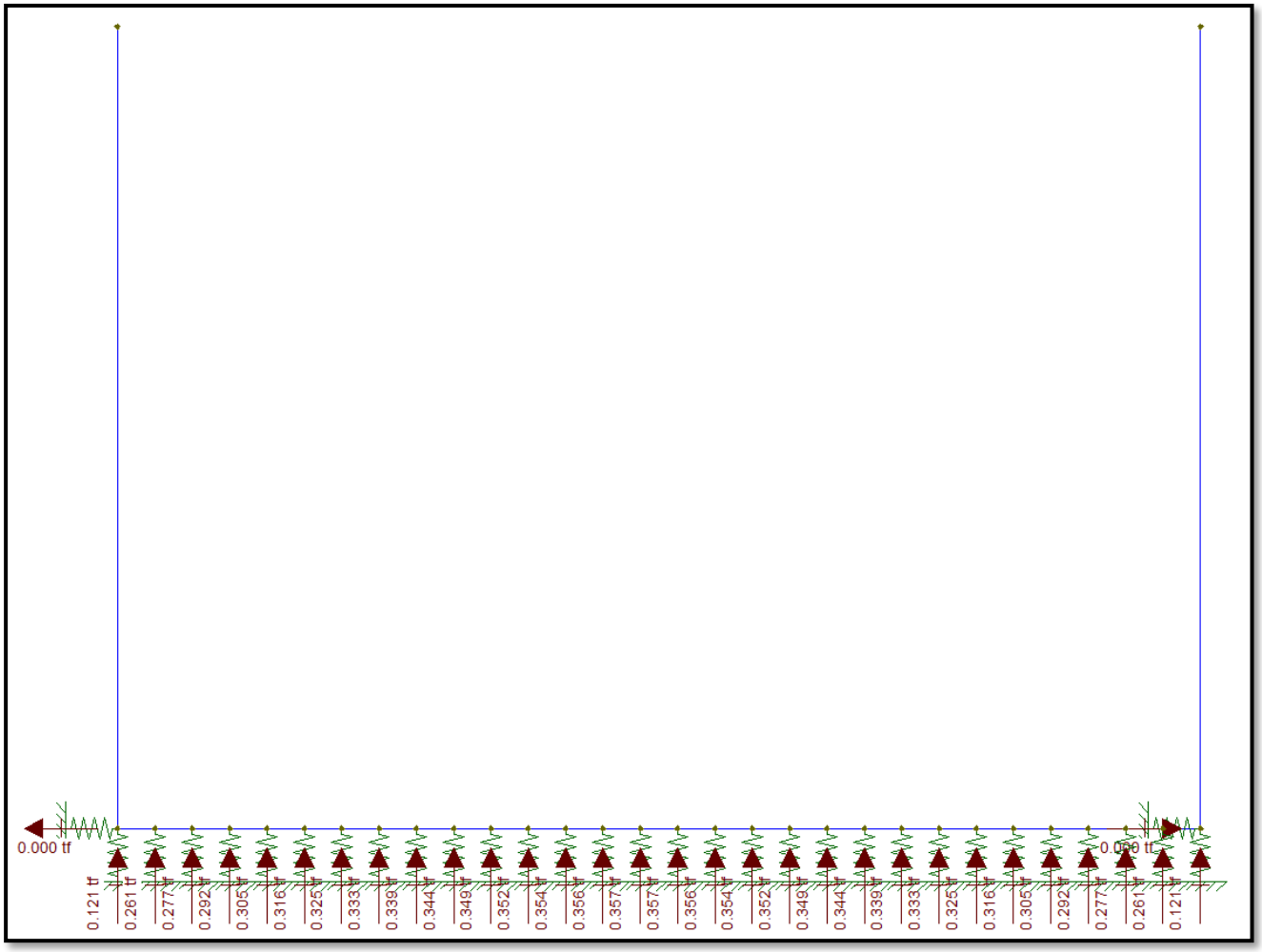
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	35	30	4703	50	0,00	5,15	5,30	0,149	12,5	23,2	ø 12,5 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante



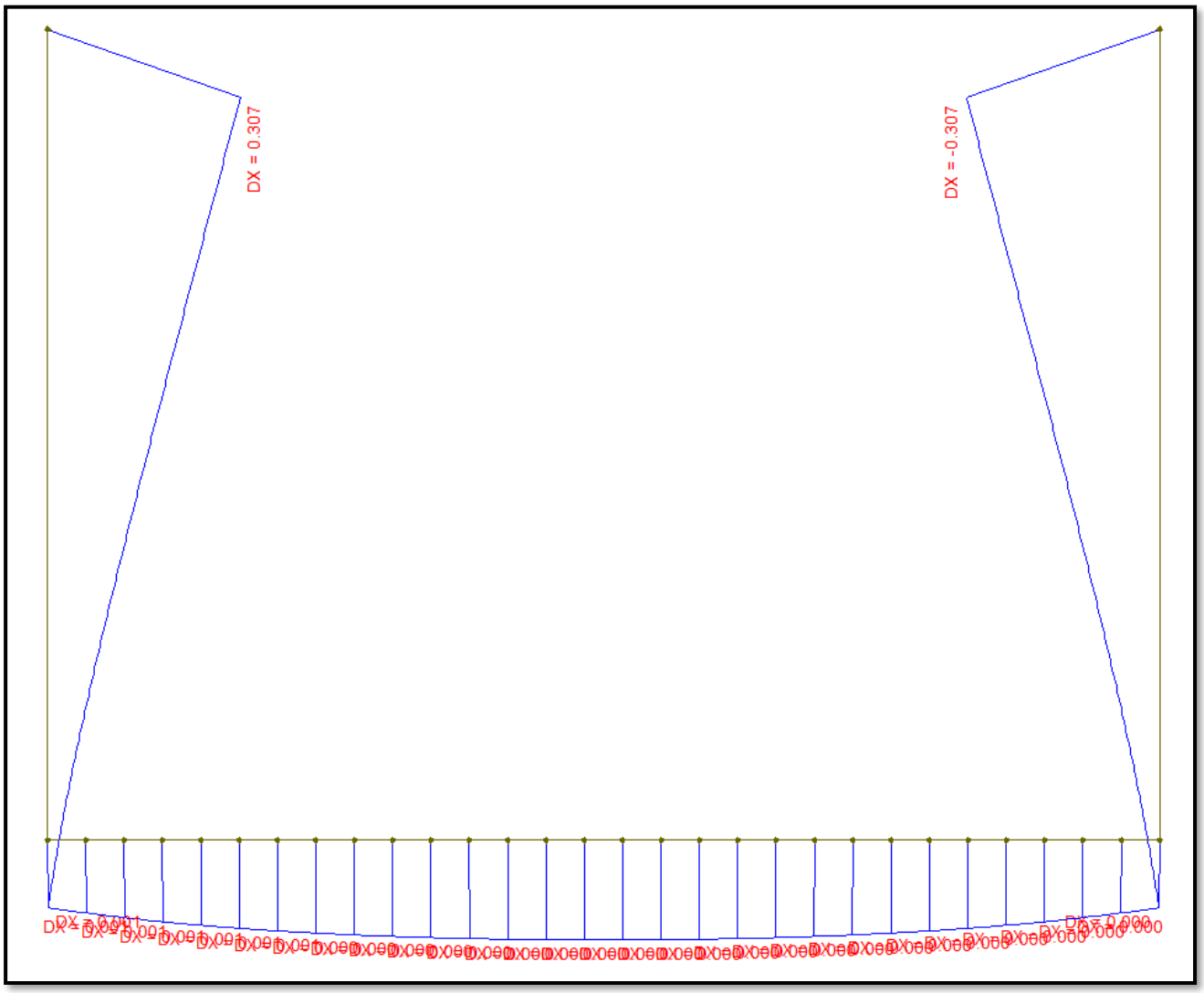
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	EXTRAVASOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		39,2	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,350	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,300	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,30	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	169,44	kN
V_d	$V * \gamma_f$	54,88	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1446,43	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

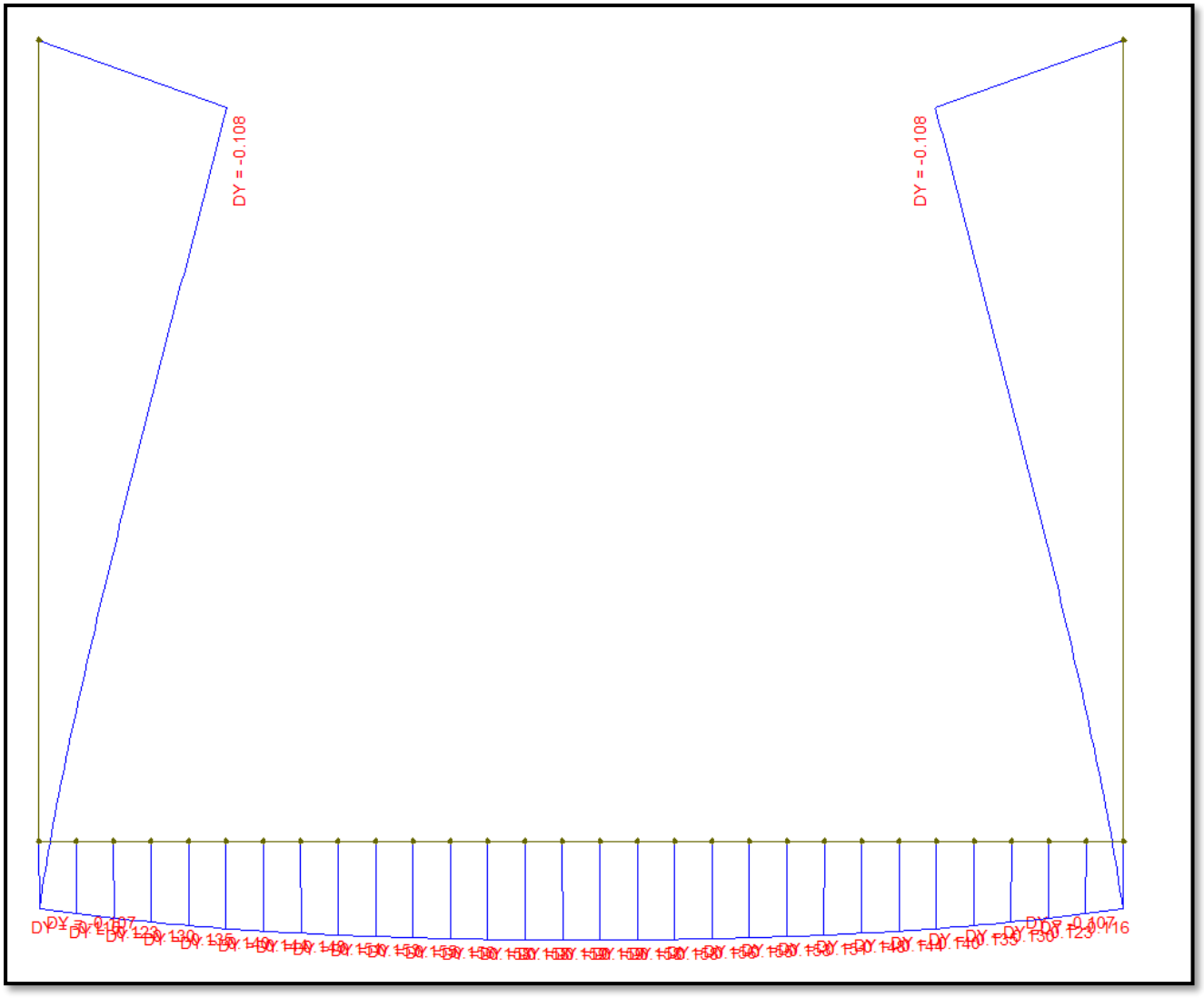


Reação máxima = 357 kgf
Tensão máxima = 357 / (15 x 100) = 0,238 kgf/cm²

- Deformações:



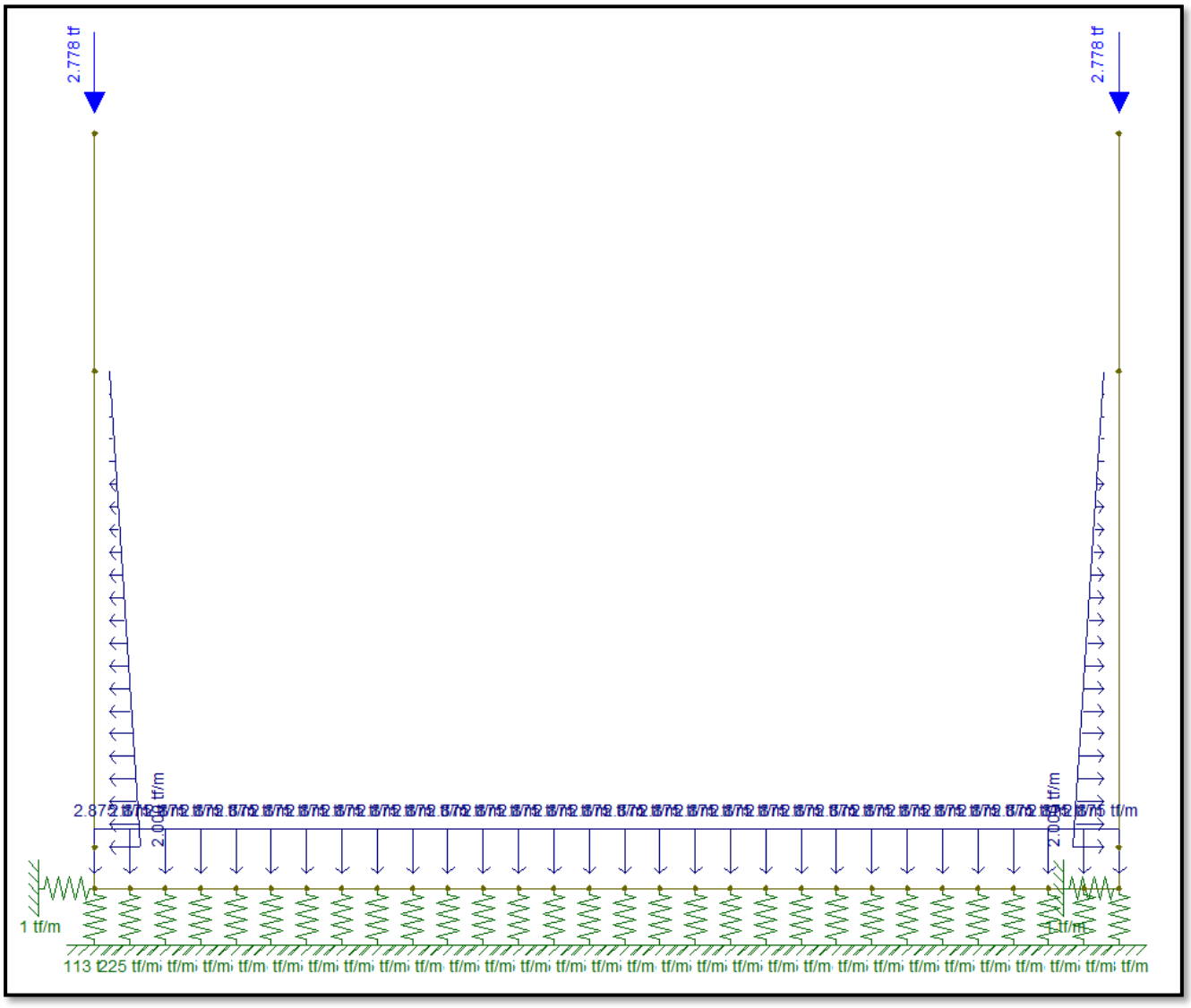
Deformação máxima horizontal = 0,307 cm
Deformação horizontal limite = 317/150 = 2,113 cm



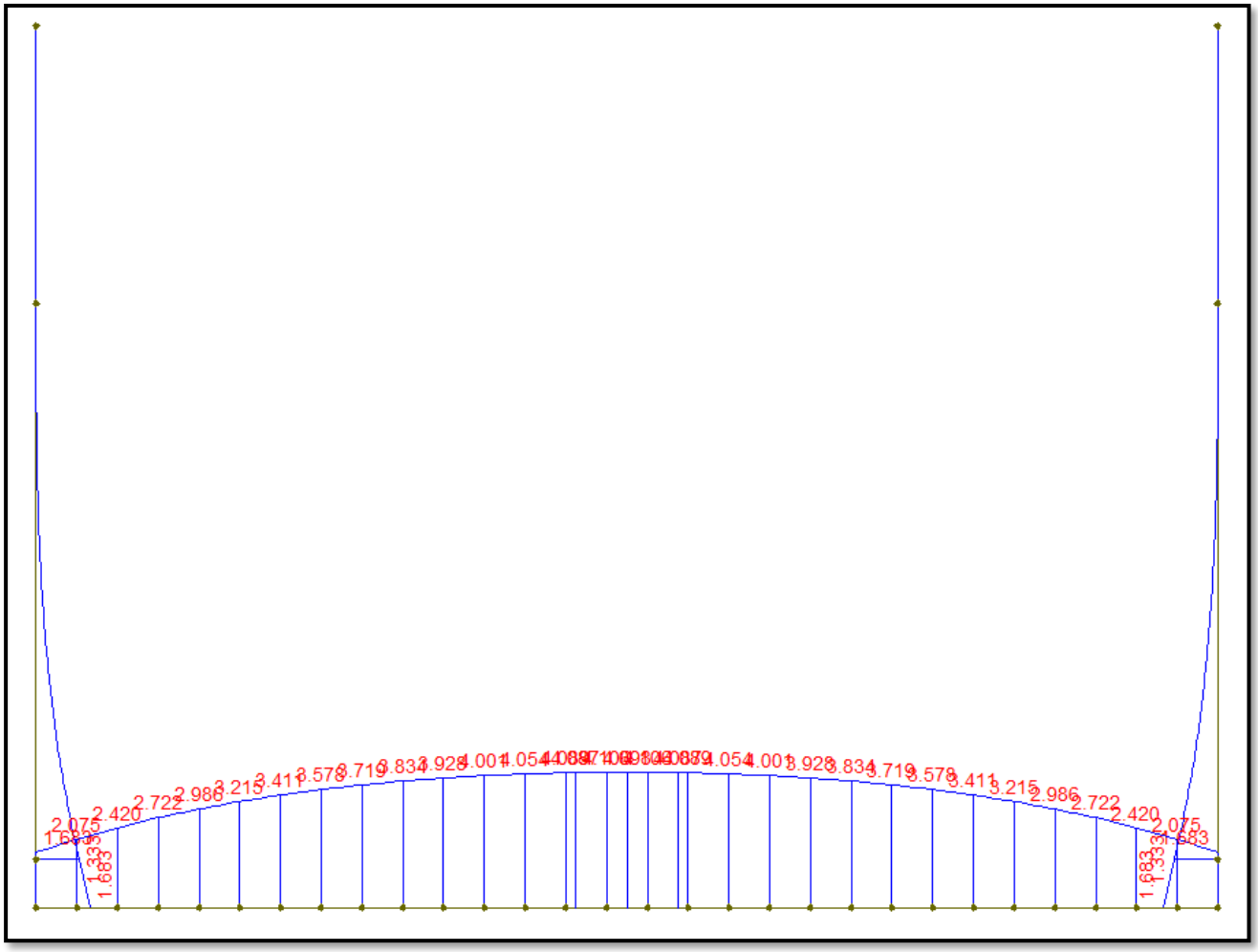
Deformação máxima vertical = 0,159 cm

11.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



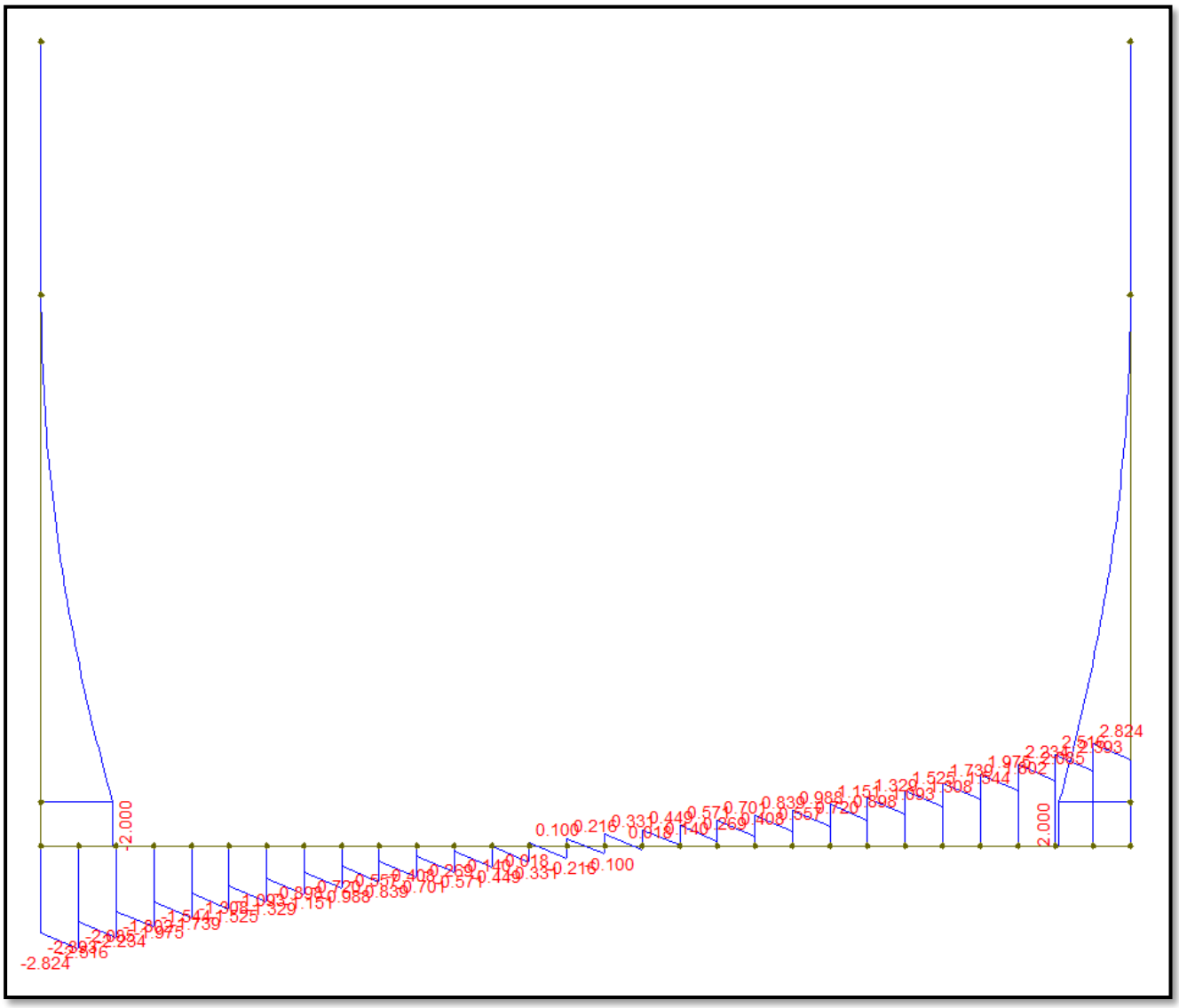
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

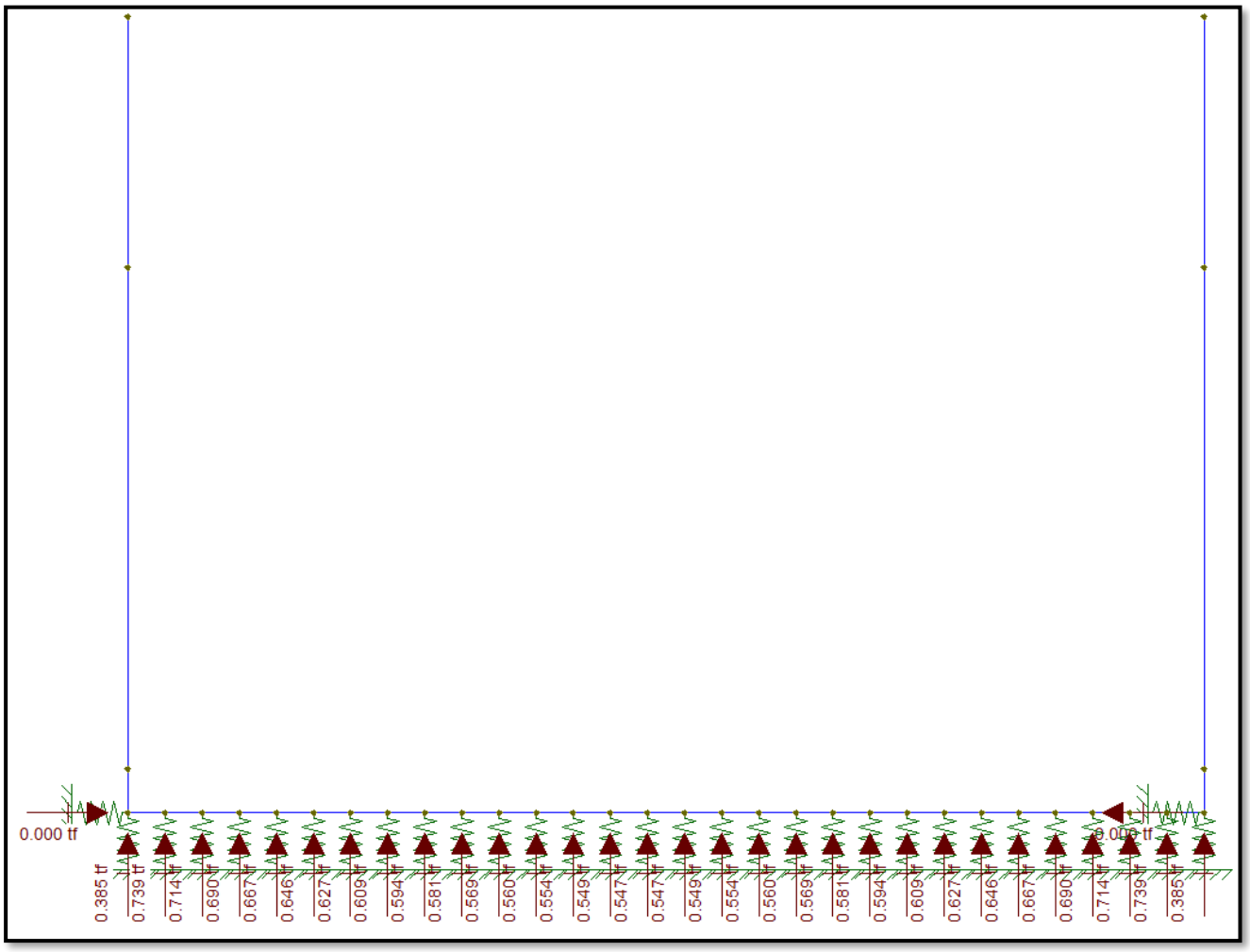
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	35	30	4106	50	0,00	4,49	5,25	0,113	12,5	23,4	ø 12,5 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante



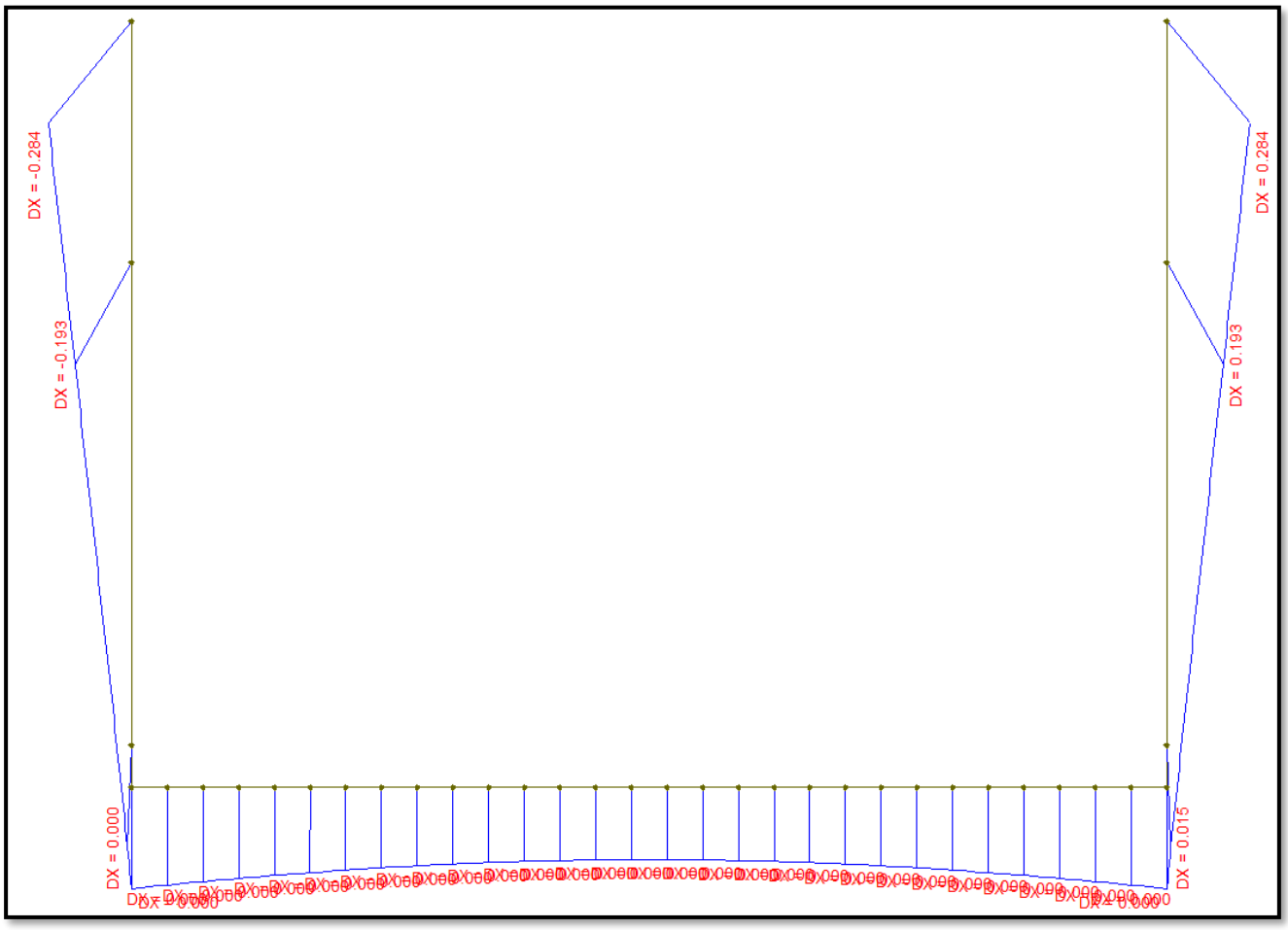
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	EXTRAVASOR CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		28,3	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,350	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,300	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,30	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	169,44	kN
V_d	$V * \gamma_f$	39,62	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1446,43	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

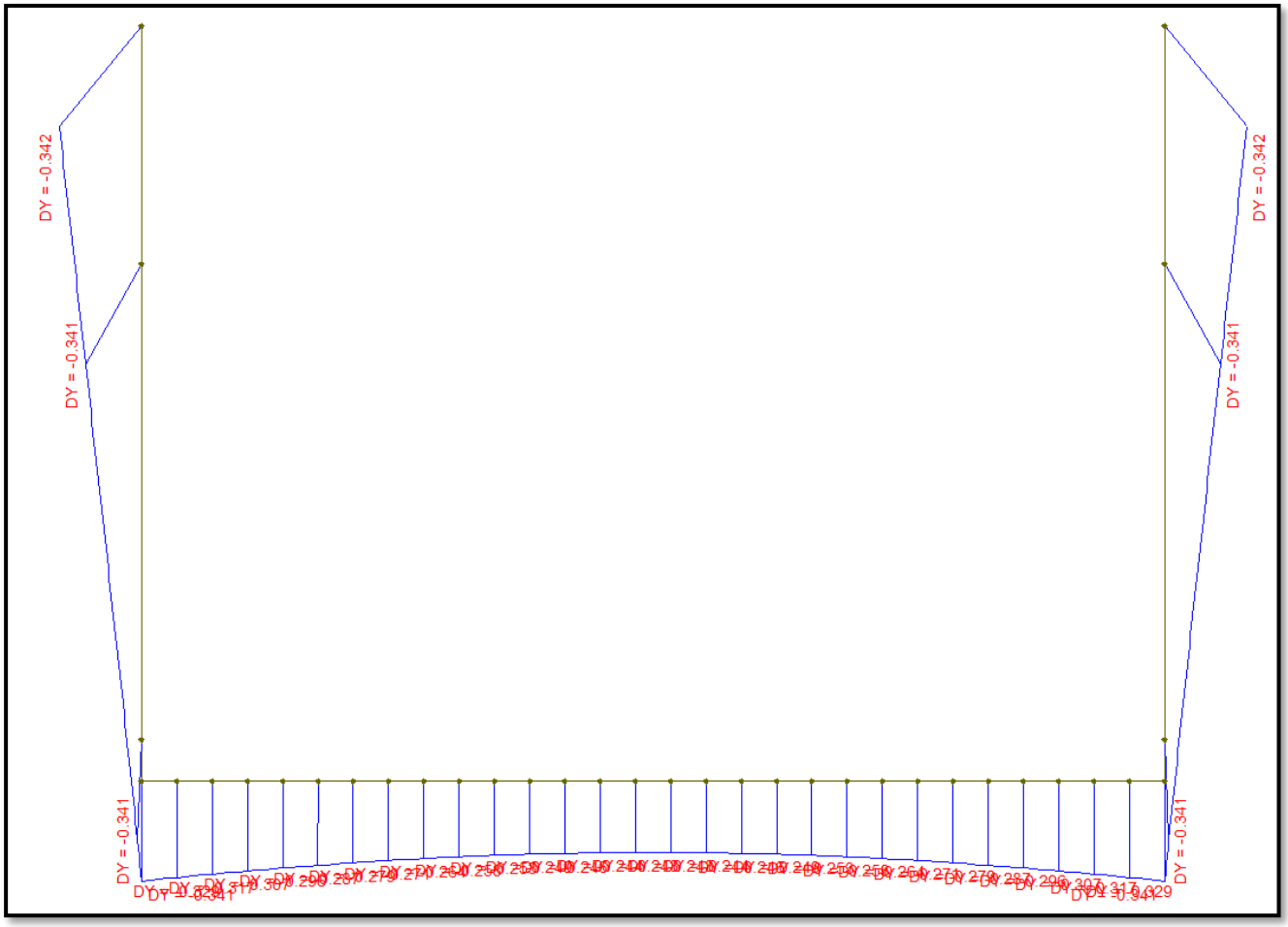


Reação máxima = 739 kgf
Tensão máxima = 739 / (15 x 100) = 0,493 kgf/cm²

- Deformações:



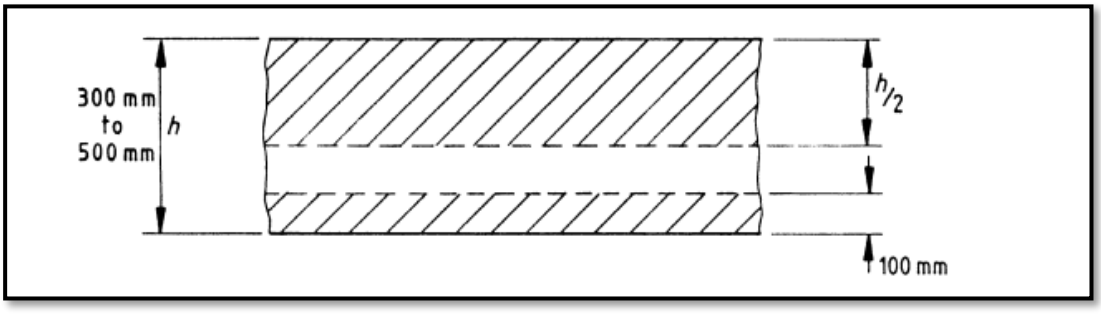
Deformação máxima horizontal = 0,284 cm
Deformação horizontal limite = 317/150 = 2,113 cm



Deformação máxima vertical = 0,342 cm

11.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm ≤ h ≤ 50cm → hsup=h/2 e hinf=10cm – Conforme BS 8007:1987 (Design of concretestructures for retainingaqueous liquids)



Para h = 35cm → hsup= 35/2 = 17,5cm e hinf=10cm

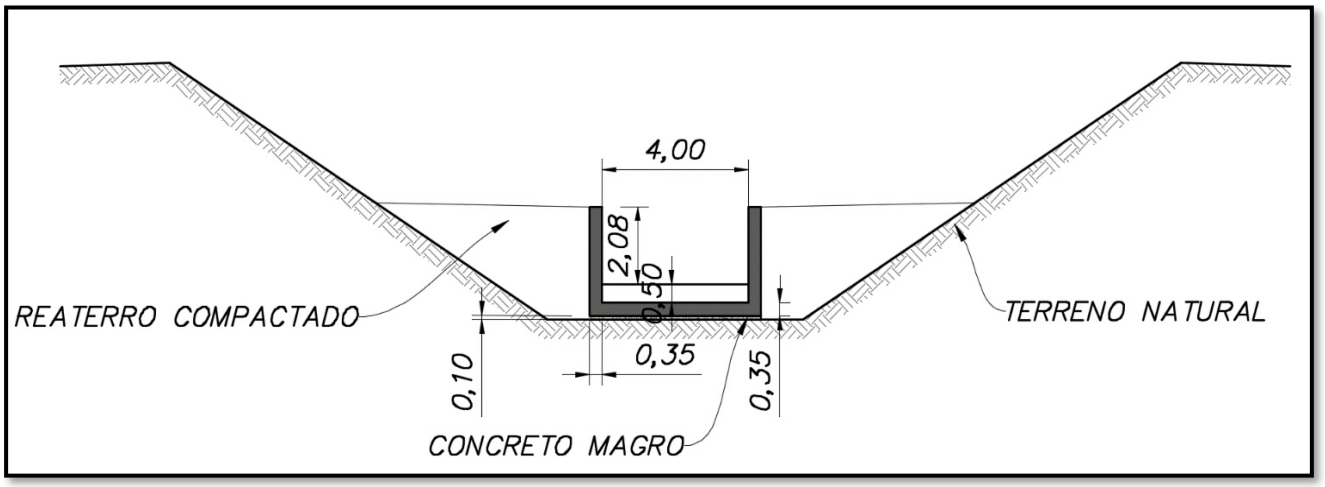
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
As = 0,77 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (17,5 cm x 100 cm) / 3200 kgf/cm² =
As = 10,11 cm² - ø 12,5 c/12

11.5 RESUMO

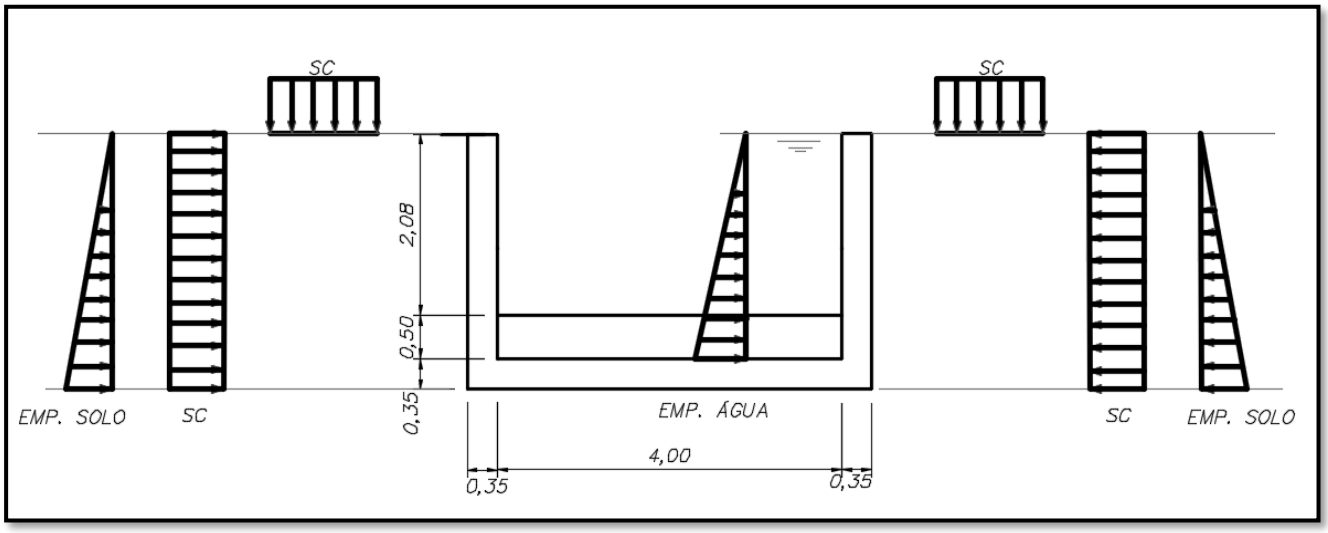
- Parede e fundo com espessura de 35 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: ø 12,5 c/12
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: ø 12,5 c/12

12.0 DIMENSIONAMENTO DO EXTRAVASSOR - SEÇÃO 4,0X2,0 - DEGRAU



12.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



Empuxo do Solo = γ x h x Ka = 1,7 x 2,755 x 0,333 = 1,561 tf/m²
Sobrecarga = sc x Ka = 1,0 x 0,333 = 0,333 tf/m²

Empuxo da Água = γ x h = 1,0 x 2,58 = 2,58 tf/m²
Peso próprio das paredes = 2,5 x 0,35 x 2,775 = 2,411 tf/m
Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,425 = 1,063 tf/m²

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

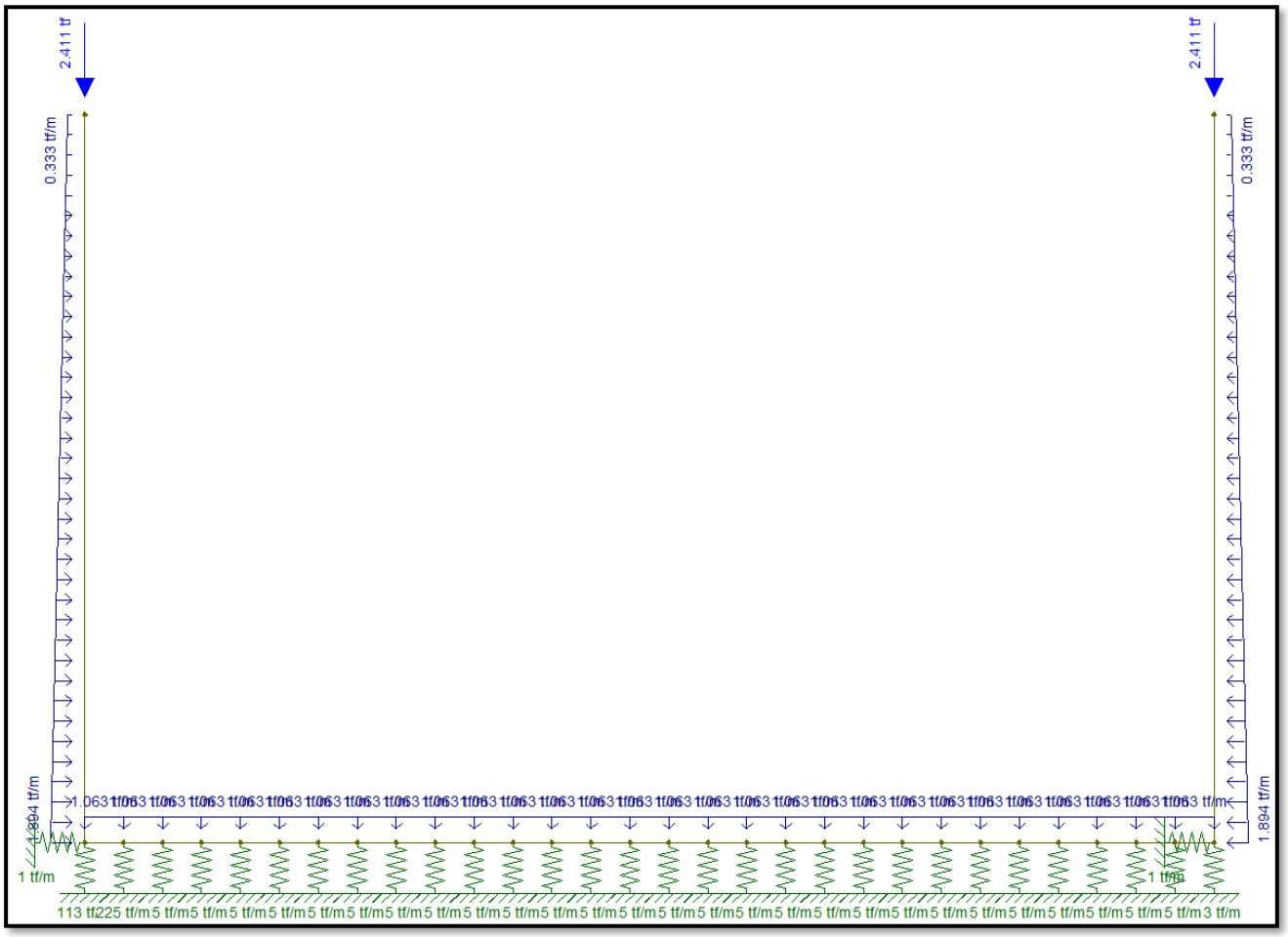
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de$k_r = 15MPa/m$.
Para a distância entre nós de 15 cm temos:

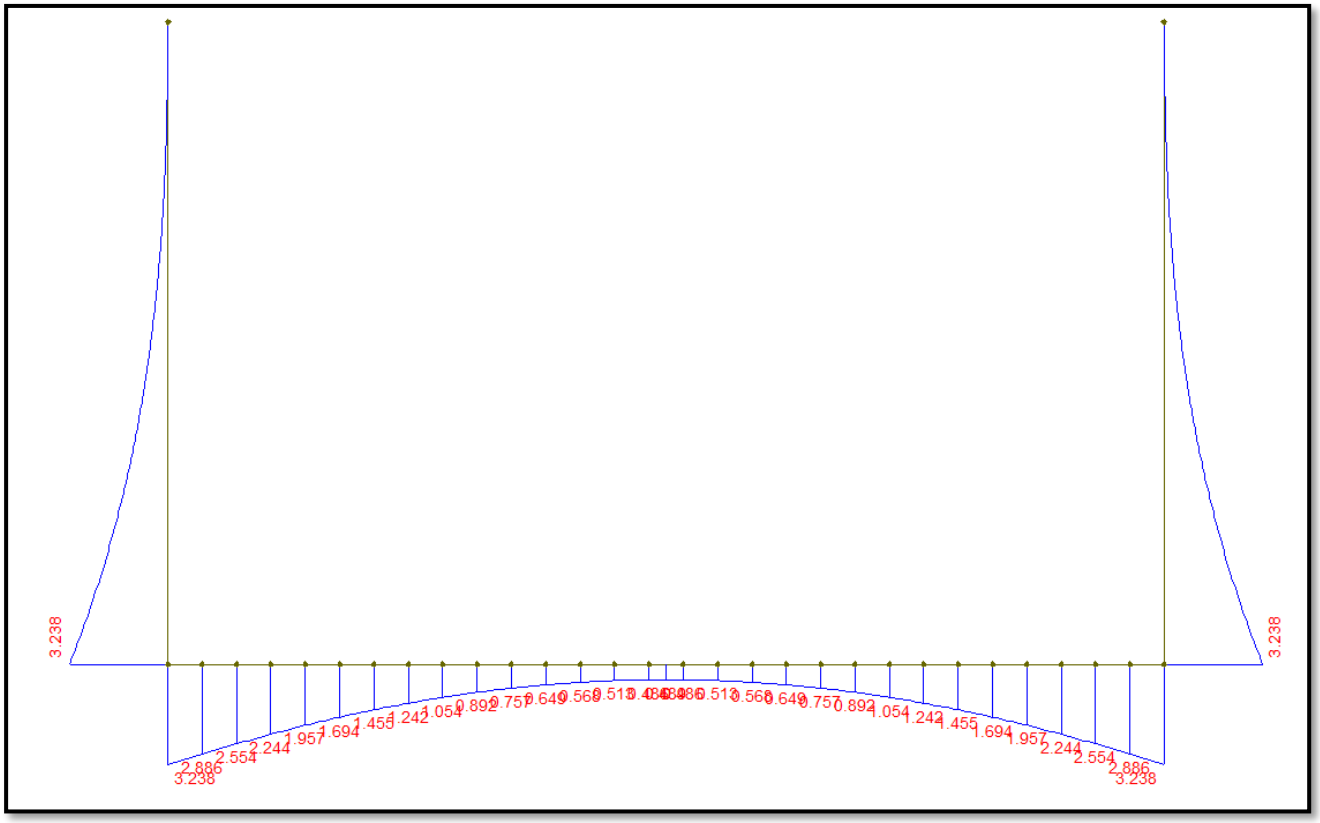
$1500tf/m^3 x\ 0{,}15m\ x\ 1{,}0m = 225tf/m$

12.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



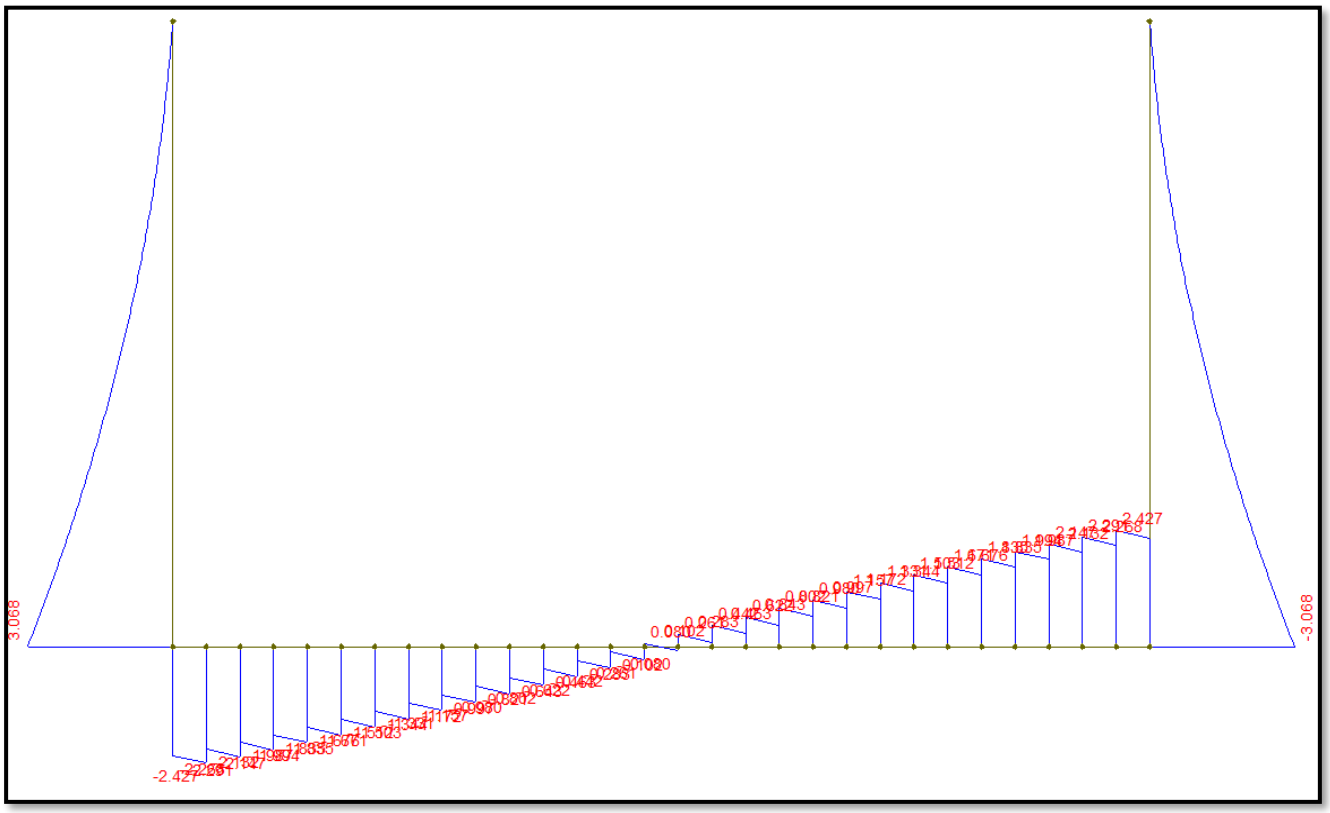
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

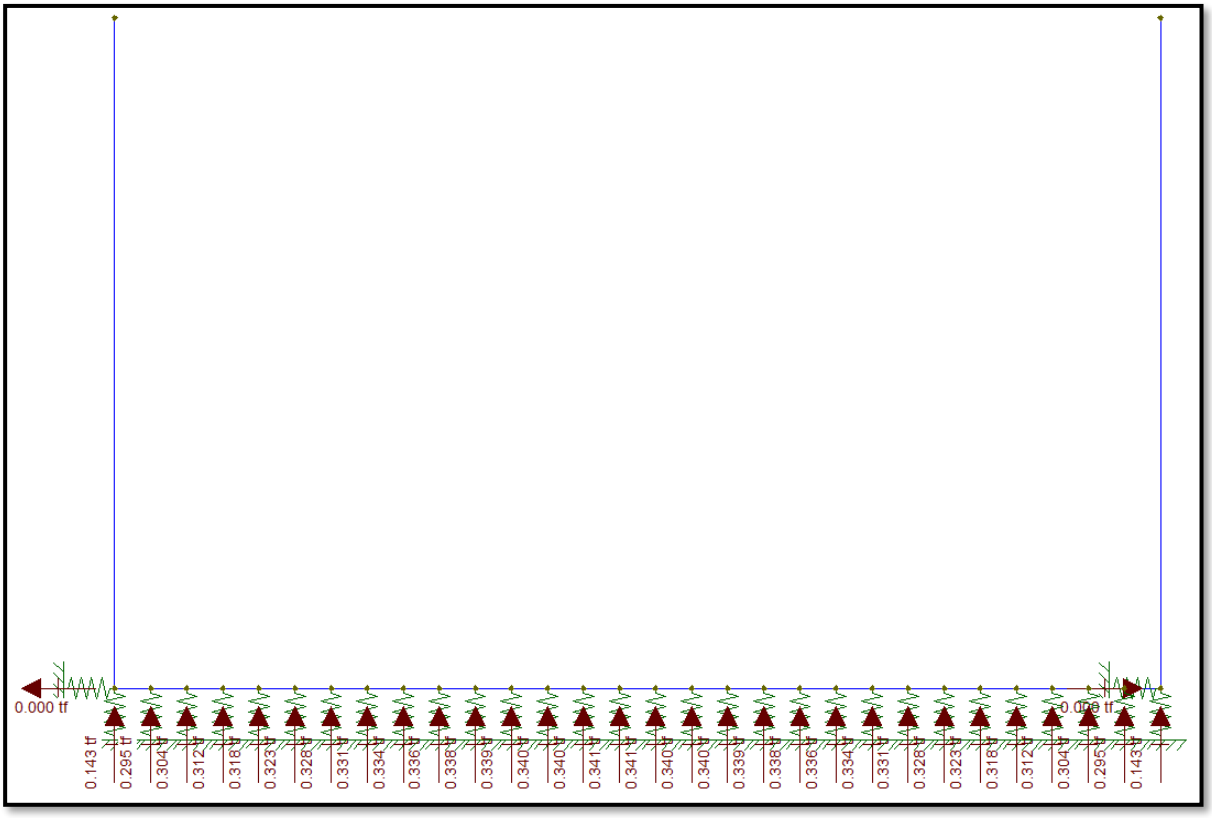
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	35	30	3238	50	0,00	3,52	5,25	0,070	12,5	23,4	ø 12,5 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante



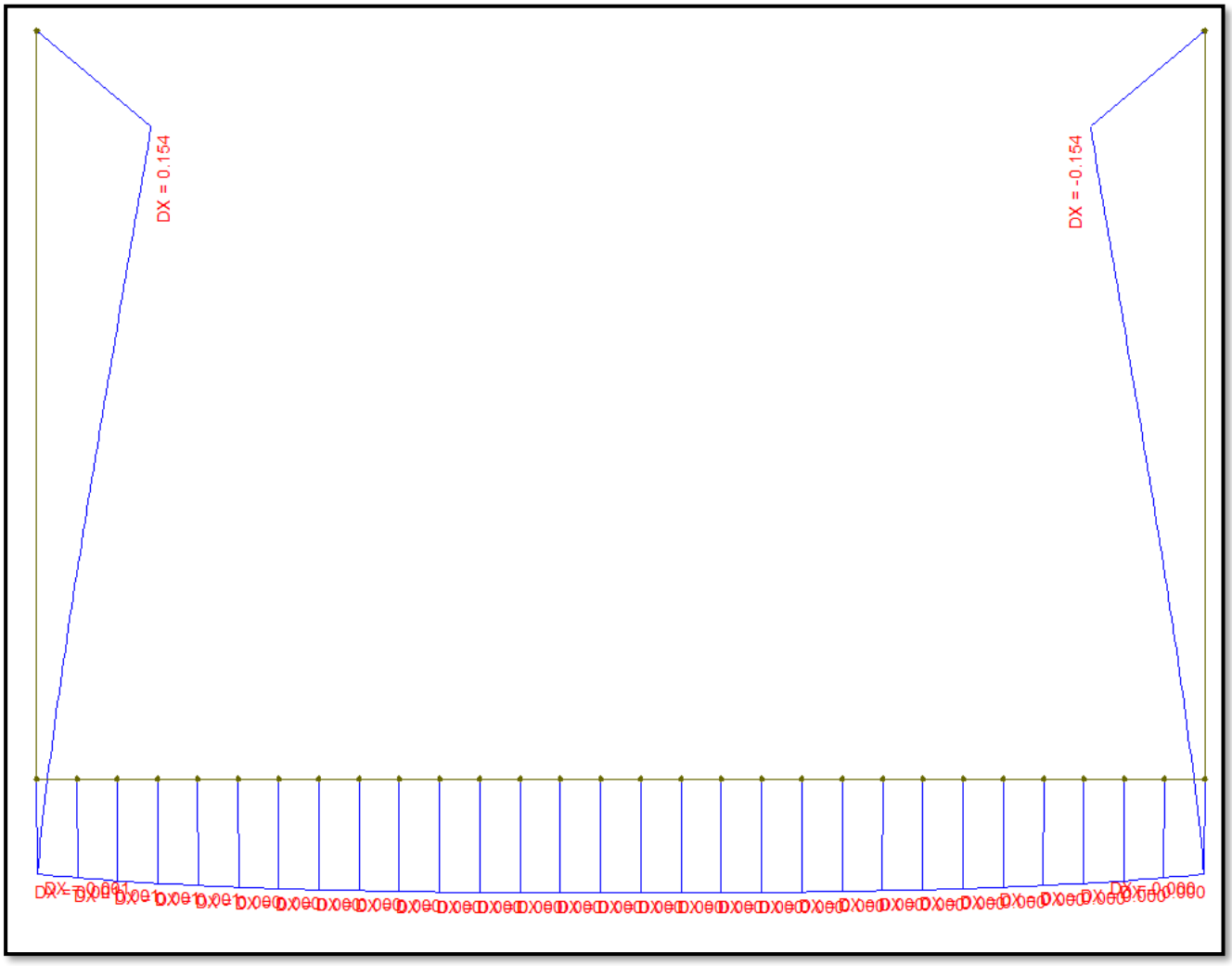
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	EXTRAVASOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		30,7	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,350	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,300	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,30	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	169,44	kN
V_d	$V * \gamma_f$	42,98	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1446,43	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

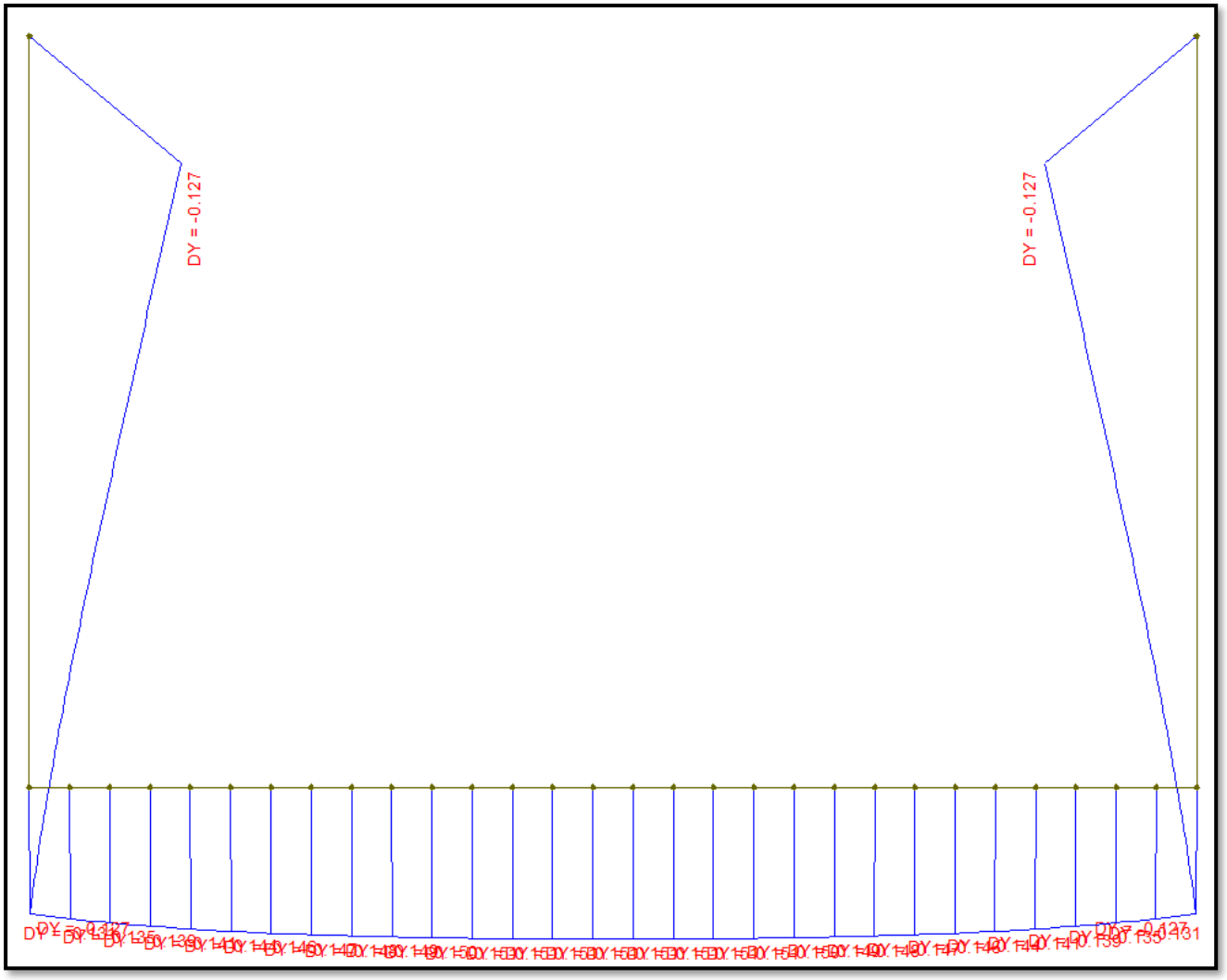


Reação máxima = 341 kgf
Tensão máxima = 341 / (15 x 100) = 0,227 kgf/cm²

- Deformações:



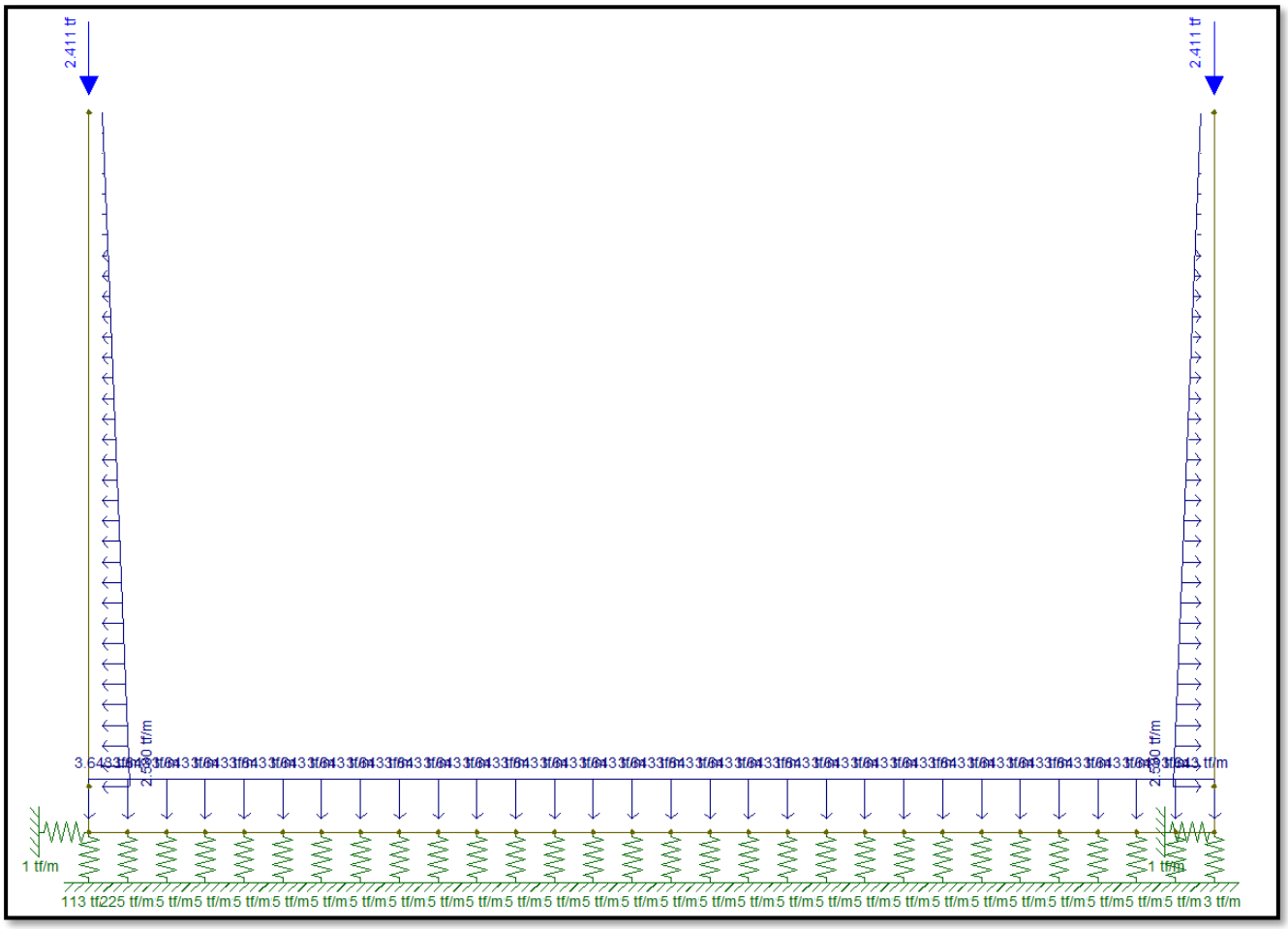
Deformação máxima horizontal = 0,154 cm
Deformação horizontal limite = 275/150 = 1,83 cm



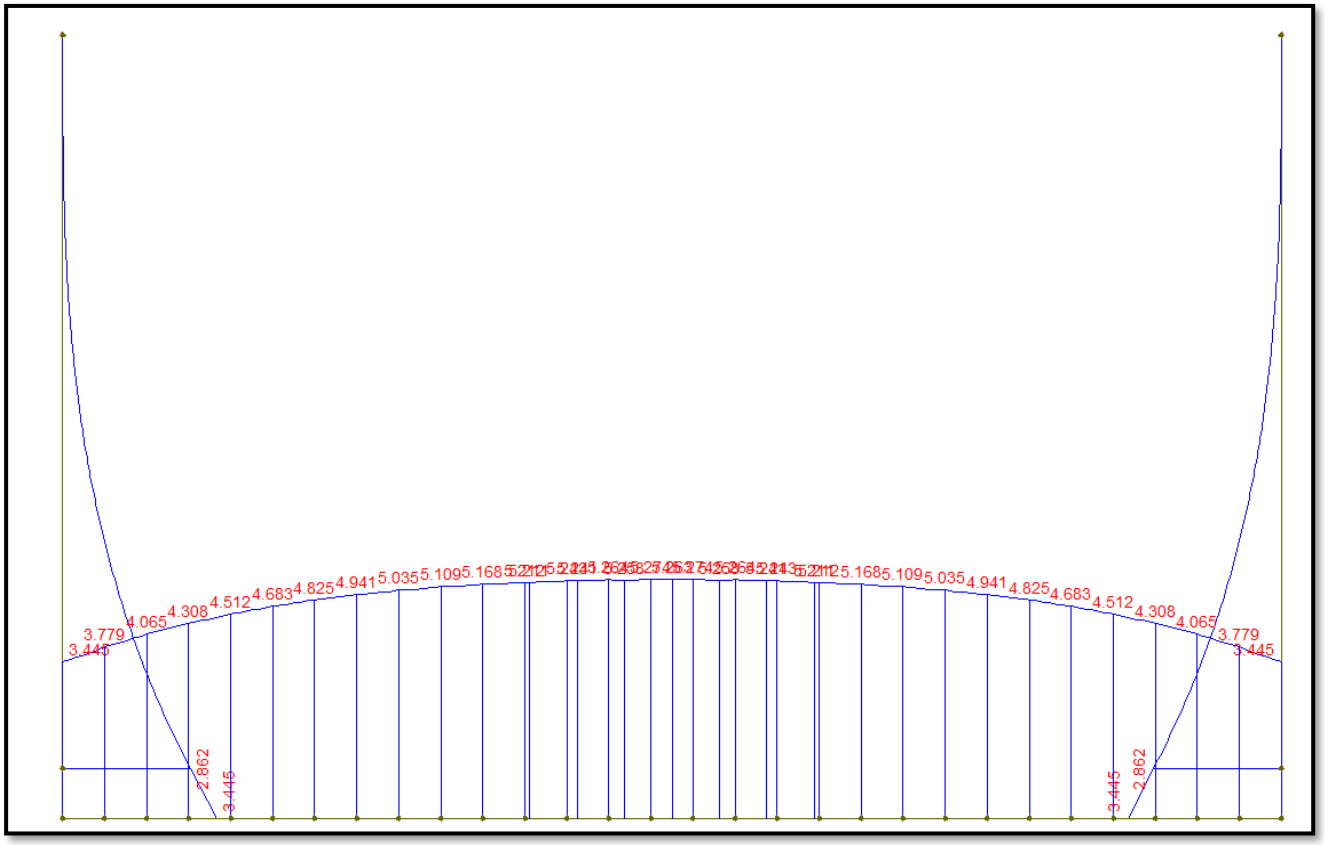
Deformação máxima vertical = 0,151 cm

12.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



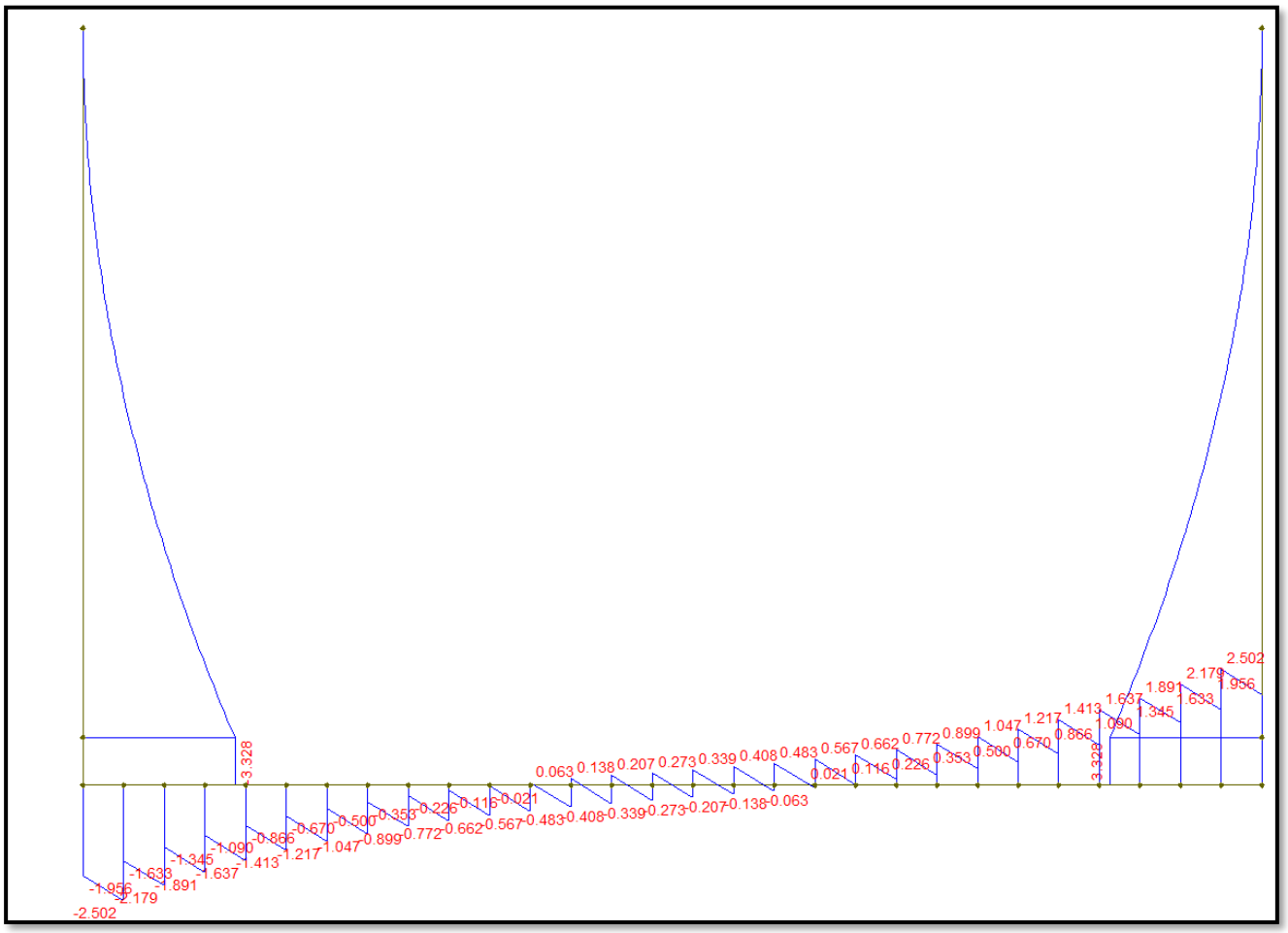
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

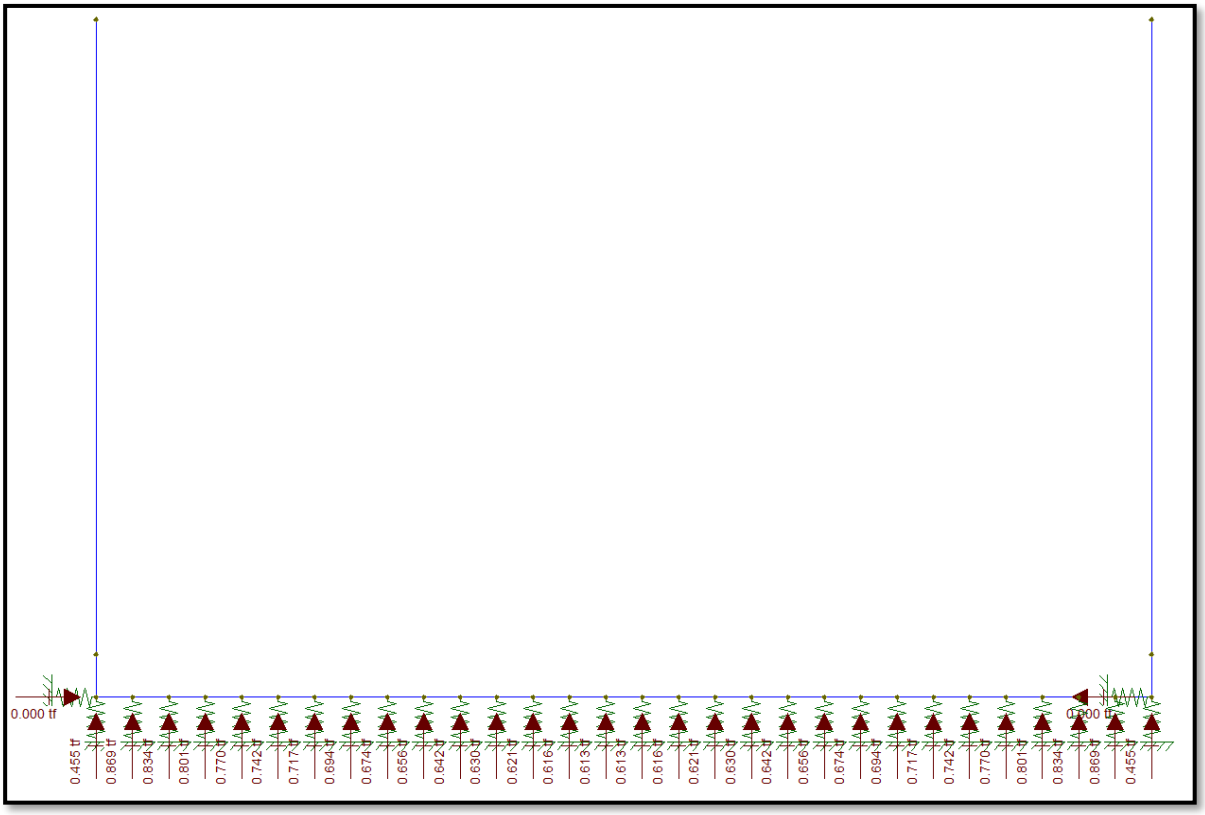
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	35	30	5274	50	0,00	5,79	5,96	0,189	12,5	20,6	ø 12,5 c/ 20,0

- Diagrama de Esforço Cortante



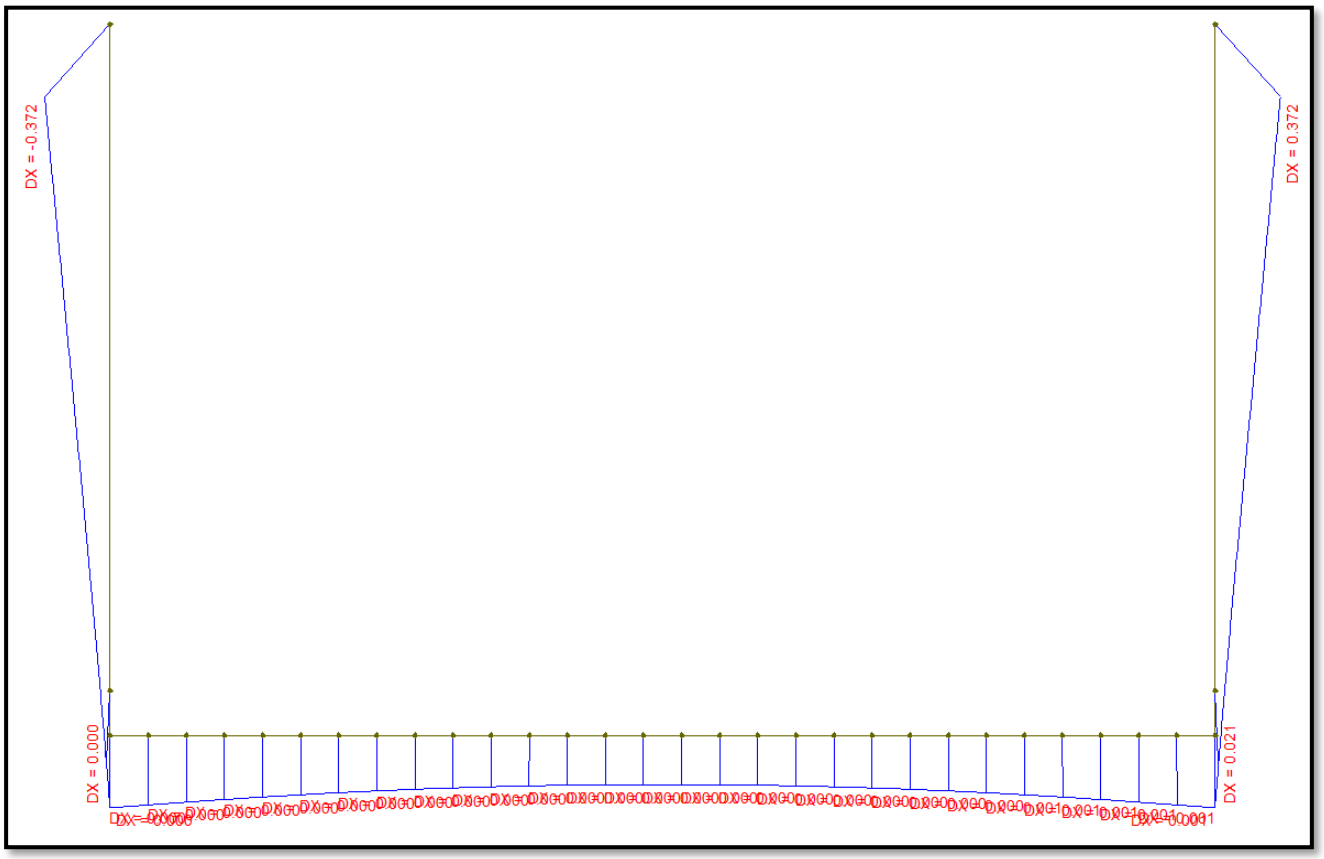
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	EXTRAVASOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		33,3	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,350	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,300	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,30	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	169,44	kN
V_d	$V * \gamma_f$	46,62	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1446,43	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

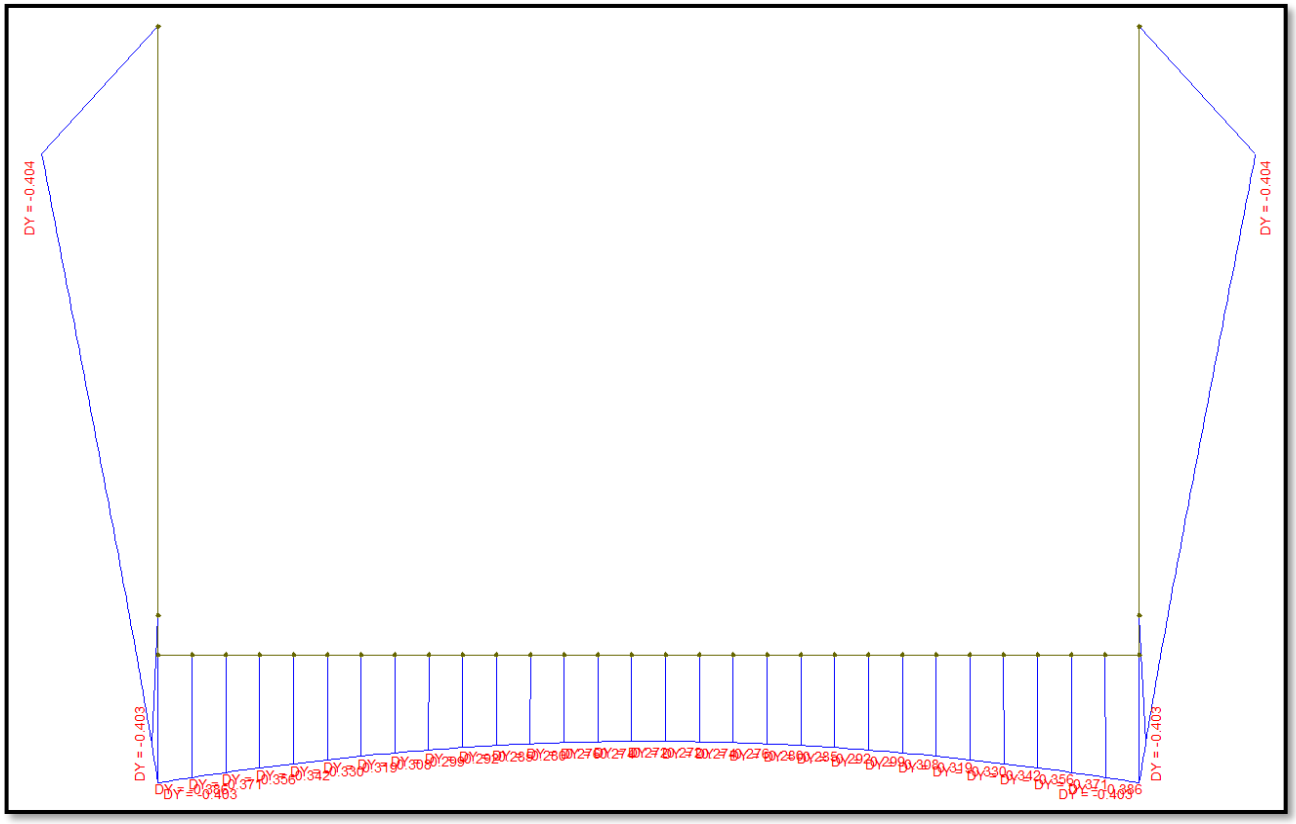


Reação máxima = 869 kgf
Tensão máxima = 869 / (15 x 100) = 0,579 kgf/cm²

- Deformações:



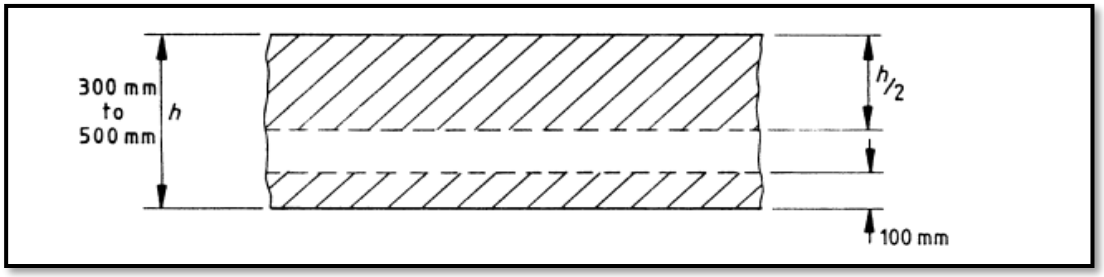
Deformação máxima horizontal = 0,372 cm
Deformação horizontal limite = 275/150 = 1,83 cm



Deformação máxima vertical = 0,404 cm

12.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm ≤ h ≤ 50cm → hsup=h/2 e hinf=10cm – Conforme BS 8007:1987 (Design of concretestructures for retainingaqueous liquids)



Para h = 35cm → hsup= 35/2 = 17,5cm e hinf=10cm
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
As = 0,77 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (17,5 cm x 100 cm) / 3200 kgf/cm² =
As = 10,11 cm² - ø 12,5 c/12

12.5 RESUMO

- Parede e fundo com espessura de 35 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: ø 12,5 c/12
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: ø 12,5 c/12

12.6 VERIFICAÇÃO DO DESLIZAMENTO AO LONGO DO CANAL:

Coesão do solo em contato com a laje de fundo (c): 0,7 ton/m²
Fator de redução da parcela referente à coesão: 0,7
Ângulo de atrito solo x concreto: 20º

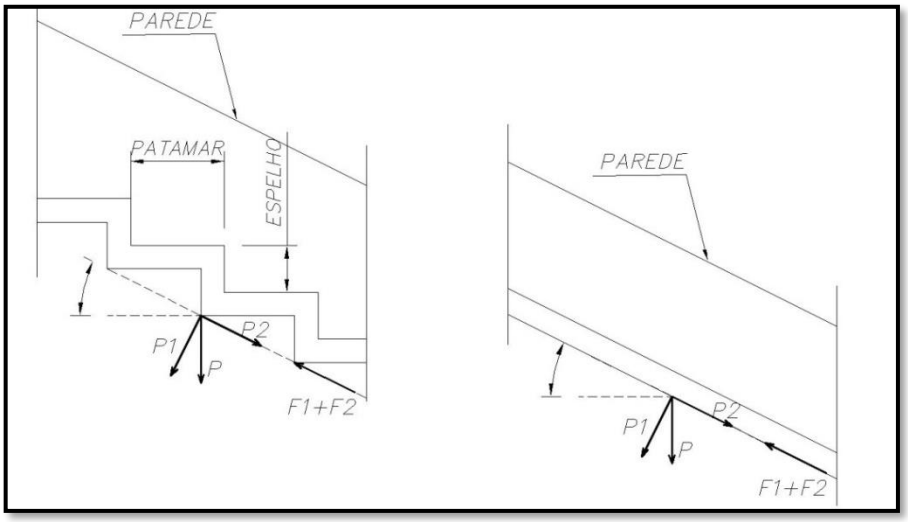
$$FS = \frac{F_1 + F_2}{P_2} \geq 1{,}5$$

$$FS = \frac{P_1\ x\ tg(20) + A\ x\ c\ x\ 0{,}7}{P_2} \geq 1{,}5$$

$F_1 = P_1\ x\ tg(20)$
$F_2 = A\ x\ c\ x\ 0{,}7$
P = peso próprio
P1 = carga normal ao plano
P2 = força de deslizamento

φ = ângulo de atrito interno = 30º
A = área de contato com o solo
c = coesão do solo

Abaixo está indicado o equilíbrio das forças, bem como cálculo do fator de segurança para o deslizamento. Onde o fator de segurança ficou abaixo de 1,5 adotou-se as vigas de ancoragem.

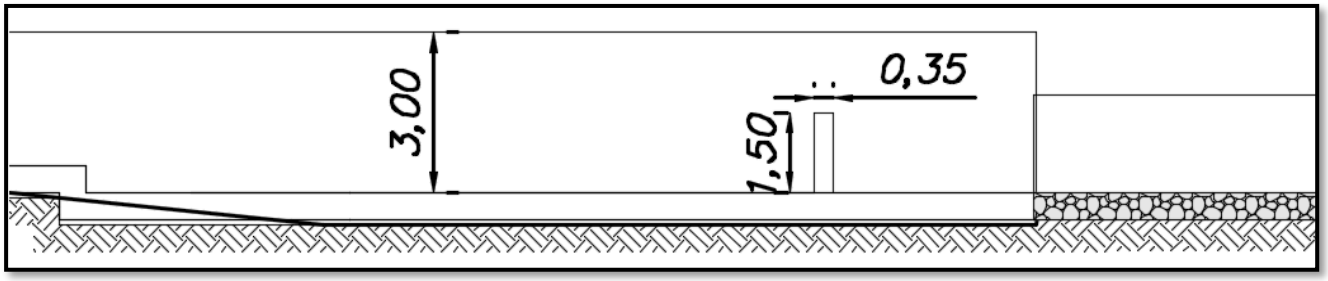


γ_{conc}=	2,5	ton/m³			
γ_{solo}=	1,7	ton/m³	c=	7	coesão KPa
Kp =	3,00		φ=	30	ângulo de talude natural
FS =	1,5				

- Extravasor - Erecho em Degrau

TRECHO	TIPO	Inclinação	Ângulo (°)	c (ton/m²)	Largura (m)	Altura Paredes (m)	Altura de água (m)	Espelho (cm)	Patamar (cm)	Espessura (cm)	Área por metro (m²/m)	Peso por metro P (ton/m)	Força normal por metro P1 (ton/m)	Força deslizamento por metro P2 (ton/m)	F1 (ton/m) atrito	F2 (ton/m) coesão	FS
1	DEGRAU	14,3%	8,1	0,7	4,7	2,02	2,02	50	350,1	20	0,23	13,89	13,75	1,96	5,01	2,30	3,7
2	DEGRAU	19,2%	10,9	0,7	4,7	2,04	2,04	50	260,0	20	0,24	14,10	13,84	2,66	5,04	2,30	2,8
3	DEGRAU	27,8%	15,5	0,7	4,7	2,08	2,08	50	180,0	20	0,26	14,50	13,97	3,88	5,09	2,30	1,9
4	DEGRAU	15,2%	8,6	0,7	4,7	2,02	2,02	50	330,0	20	0,23	13,93	13,77	2,09	5,01	2,30	3,5
5	DEGRAU	10,0%	5,7	0,7	4,7	2,01	2,01	50	500,0	20	0,22	13,74	13,67	1,37	4,98	2,30	5,3

13.0 DIMENSIONAMENTO DO ANTEPARO DE IMPACTO



13.1 DIMENSIONAMENTO VIGA DE IMPACTO

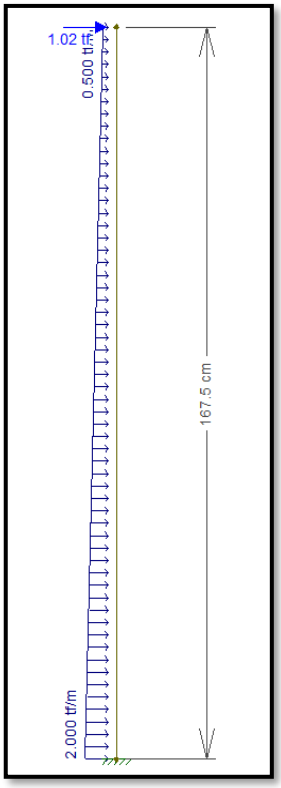
- Força da água:

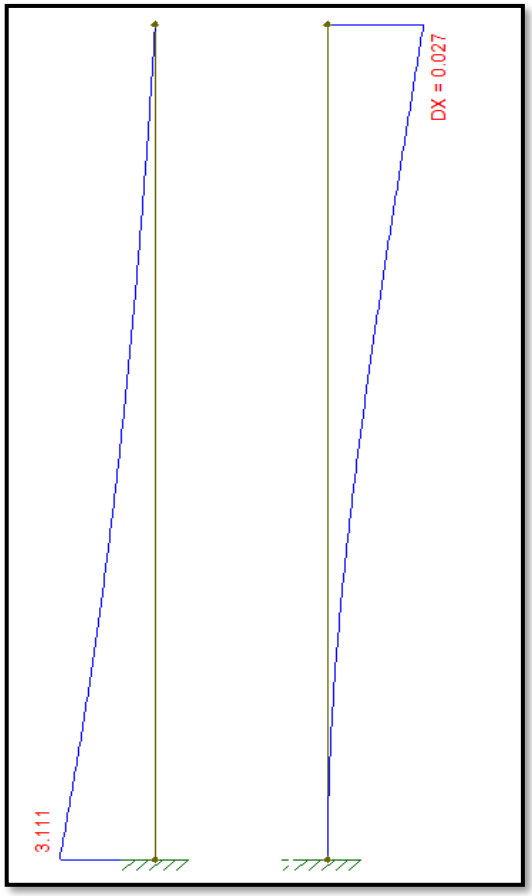
Velocidade máxima da água = 2,6 m/s

$$Q_X = \gamma_{água} \cdot v^2 \cdot A \cdot \cos Ø = 1000 \frac{kg}{m^3}\ x\ \left(2{,}6 \frac{m}{s}\right)^2 x\ (1{,}5\ m\ x\ 1{,}0\ m)\ x \cos 0° = 10140\ N$$

$$Q_X = 1{,}014\ tf$$

Empuxo da Água = γ x h = 1,0 x 2,00 = 2,00 tf/m²
Empuxo da Água = γ x h = 1,0 x (2,00 - 1,50) = 0,50 tf/m²


1.02 tf
0.500 tf/m
167.5 cm
2.000 tf/m



f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

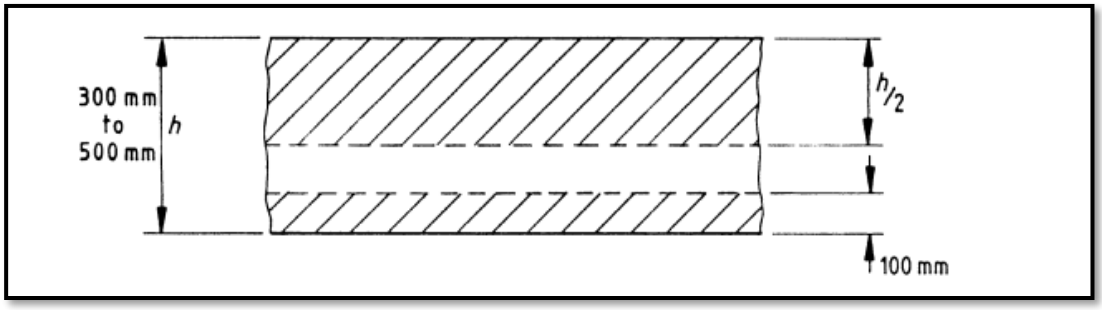
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	35	30	3111	50	0,00	3,38	5,25	0,064	12,5	23,4	ø 12,5 c/ 20,0

Deformação máxima horizontal = 0,03 cm
Deformação horizontal limite = 167/150 = 1,11 cm

13.2 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm ≤ h ≤ 50cm → hsup=h/2 e hinf=10cm – Conforme BS 8007:1987 (Design of concretestructures for retainingaqueous liquids)



Para h = 35cm → hsup= 35/2 = 17,5cm e hinf=10cm
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

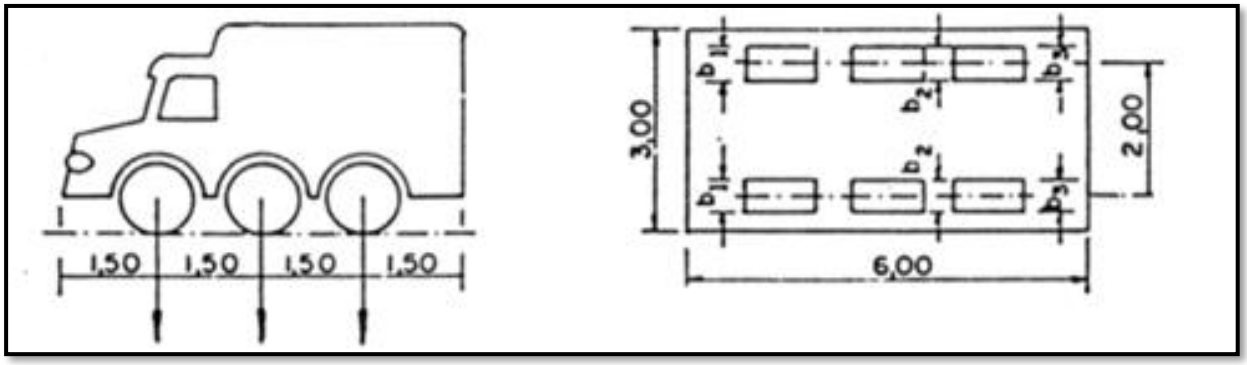
$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
As = 0,77 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (17,5 cm x 100 cm) / 3200 kgf/cm² =
As = 10,11 cm² - ø 12,5 c/12

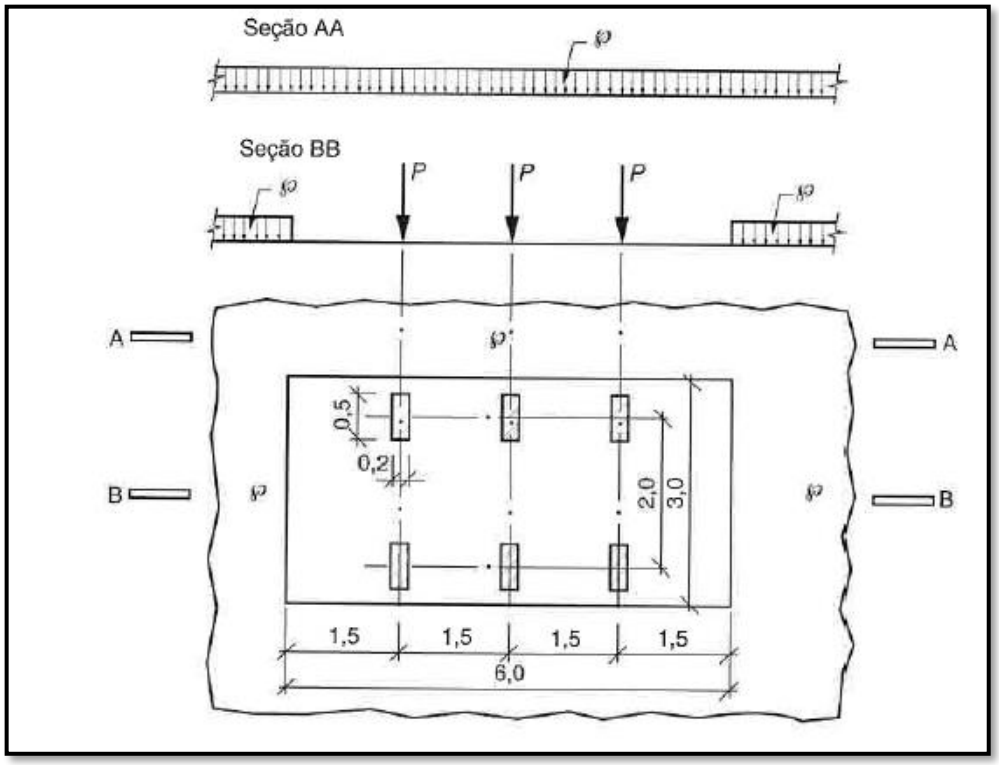
13.3 RESUMO

- Parede e fundo com espessura de 35 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: ø 12,5 c/12
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: ø 12,5 c/12

14.0 DIMENSIONAMENTO EXTRAVASOR - GALERIA COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS TB45

Será considerado o tráfego de tem tipo TB-45:



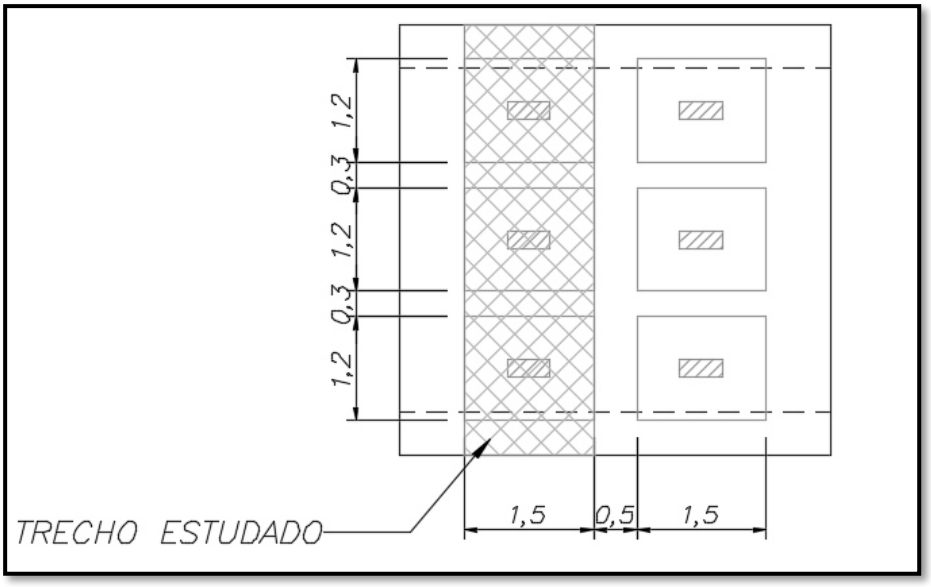


Não será considerado o espraiamento da carga pois não há camada de solo sobre a Galeria.

Carga do veículo = 450 kN = 45 tf
Carga uniformemente distribuída = 0,5tf/m²
Carga por roda = 45 / 6 = 7,5 tf
P = 7,5 x$\frac{1,5}{1,4}$x 1,3 = 10,45 tf

Considerando o espraiamento da carga em função da altura de terra de 50cm, tem-se:

$$q = \frac{10{,}45}{1{,}2x1{,}5} = 5{,}80tf/m^2$$

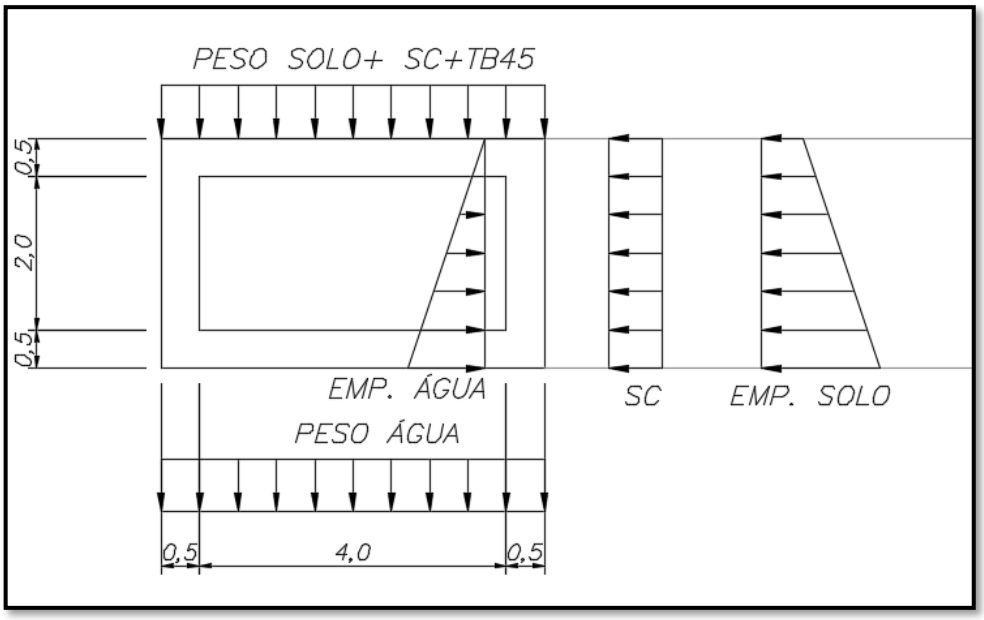


Serão feitas três verificações:

- Canal vazio com as rodas na extremidade
- Canal vazio com as rodas no centro
- Canal cheio de água com as rodas no centro

14.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de Veículo (Eh)
- Empuxo do solo
- Empuxo de água
- Carga trem tipo TB-45



- Carregamento sobre a laje de cobertura:

$TB45 = 5{,}8tf/m^2$

$q_{TB45} = 0{,}50\ tf/m^2$

$PPlaje = \gamma_{conc} \cdot h = 2{,}5\ x\ 0{,}50 = 1{,}25\ tf/m^2$

$PPsolo = \gamma_{solo} \cdot h = 1{,}7\ x\ 0{,}50 = 0{,}85\ tf/m^2$

- Carregamento sobre a laje de fundo:

$PPágua = \gamma_{água} \cdot h = 1{,}0\ x\ 2{,}0 = 2{,}0\ tf/m^2$

$PPlaje = \gamma_{conc} \cdot h = 2{,}5\ x\ 0{,}50 = 1{,}25\ tf/m^2$

- Carregamento lateral nas paredes:

$E_{solo} = \gamma_{solo} \cdot h \cdot k_a = 1{,}7\ x\ 3{,}5\ x\ 0{,}361 = 2{,}15\ tf/m^2$

$E_{água} = \gamma_{água} \cdot h = 1{,}0\ x\ 2{,}0 = 2{,}0\ tf/m^2$

$PPparede = \gamma_{conc} \cdot h\ \cdot e\ = 2{,}5\ x\ 3{,}00\ x\ 0{,}50 = 3{,}75\ tf/m$

$SC = SC \cdot k_a = 5{,}8\ \ x\ 0{,}361 = 2{,}09\ tf/m^2$

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

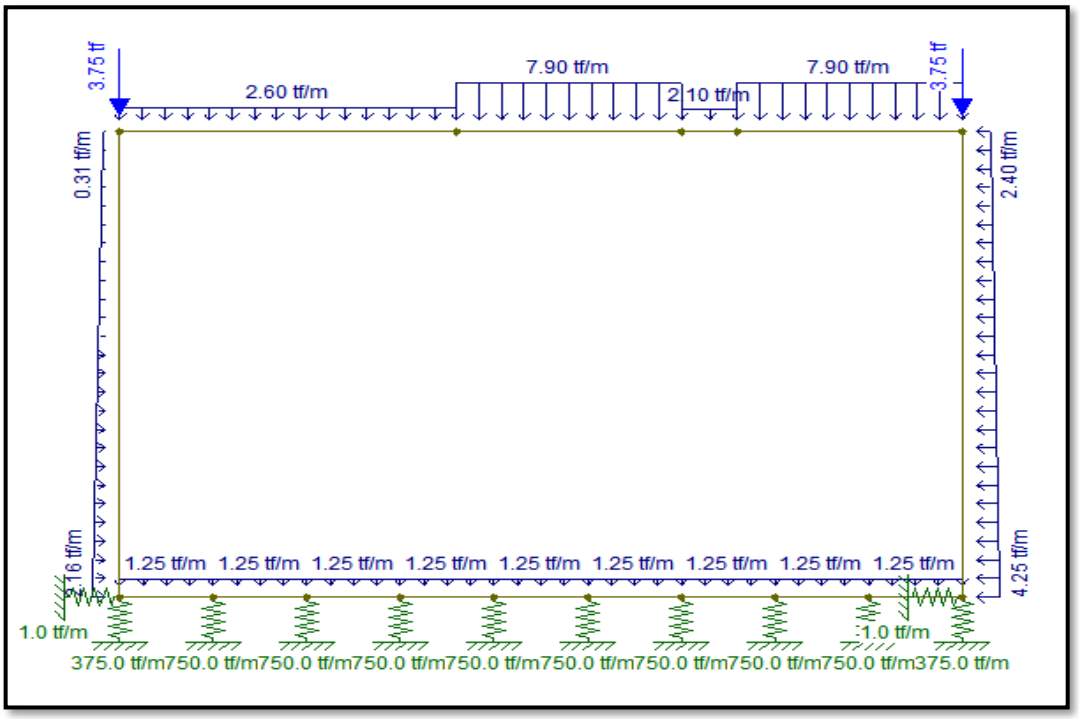
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de$k_r = 15MPa/m$.
Para a distância entre nós de 50cm temos:

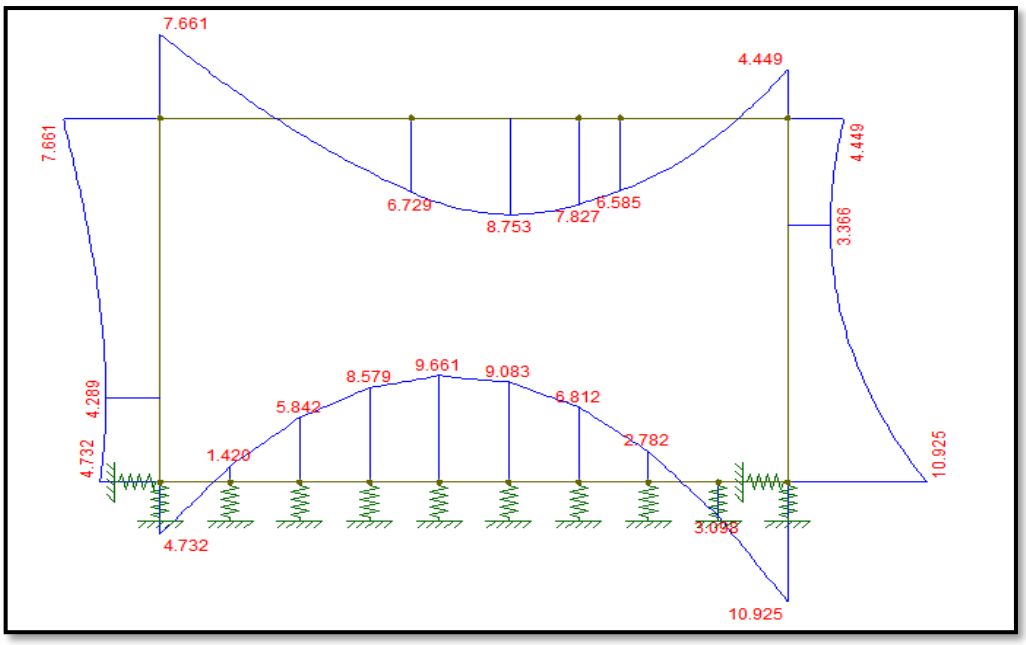
$1500tf/m^3 x\ 0{,}50m\ x\ 1{,}0m = 750tf/m$

14.2 DIMENSIONAMENTO GALERIA VAZIA - RODAS NA EXTREMIDADE

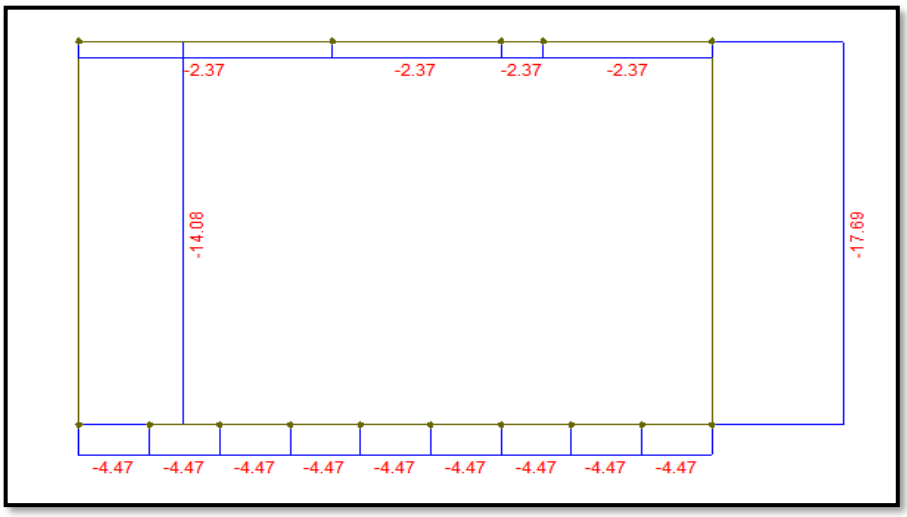
- Esforços



- Momento Fletor



- Esforço Normal



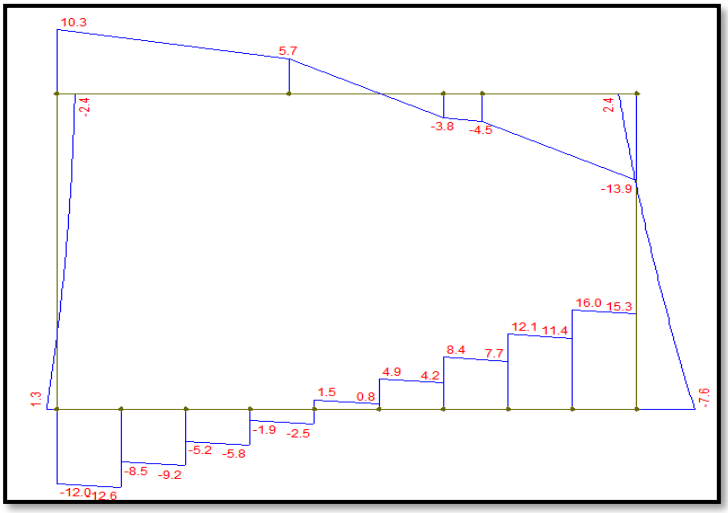
f_{ck}(MPa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 15 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

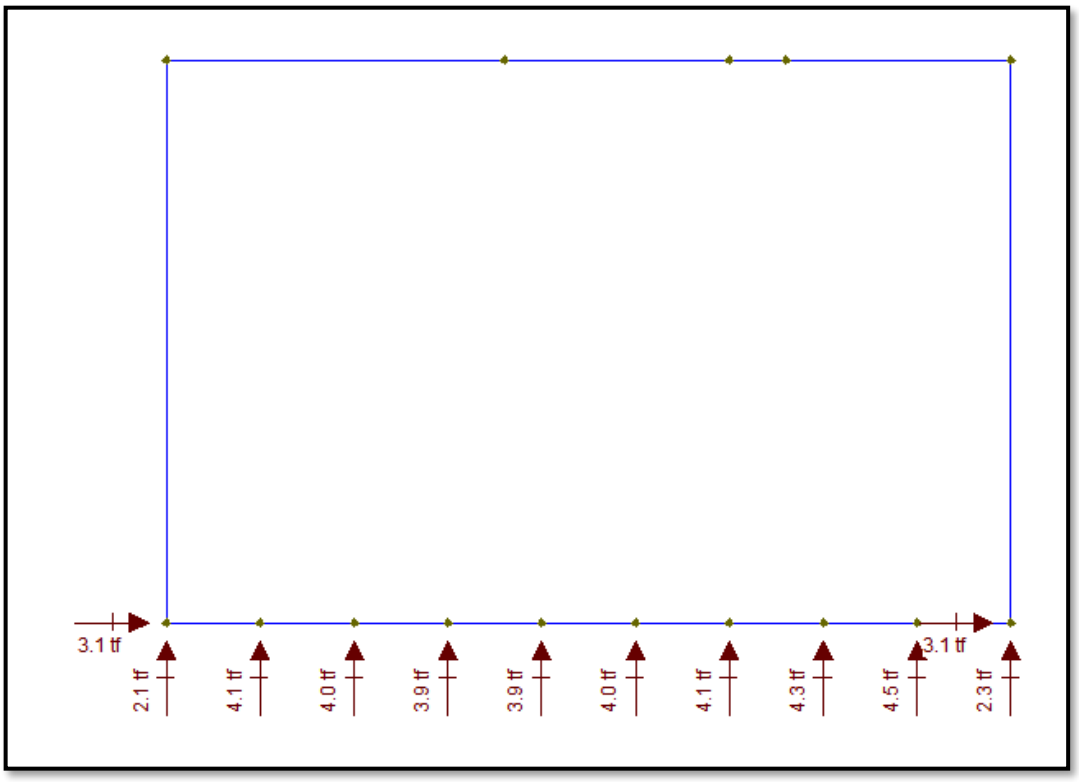
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf*m)	f_{yk}(kN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
PAR	Horizontal	N	50	45	10925	50	0,00	7,99	8,21	0,183	12,5	14,9	ø 12,5 c/ 12,5
L FUNDO	Horizontal	N	50	45	9661	50	0,00	7,04	7,50	0,142	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0
L TOPO	Horizontal	N	50	45	8753	50	0,00	6,37	7,50	0,116	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0

- Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		160,0	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,500	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,450	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	224,84	kN
V_d	$V * \gamma_f$	224,00	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	2169,64	kN
Vd < VRd2 - OK!			

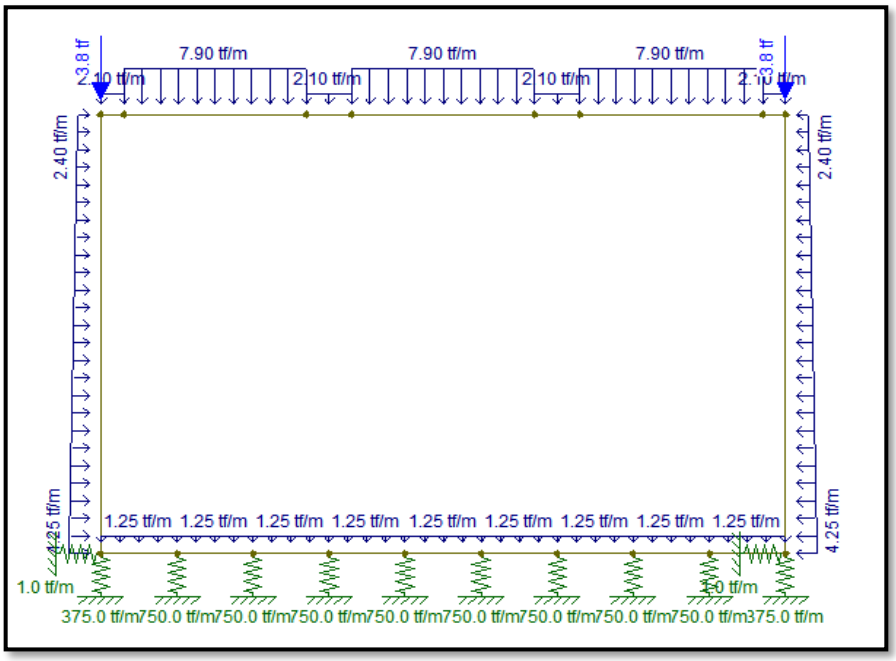
- Reações



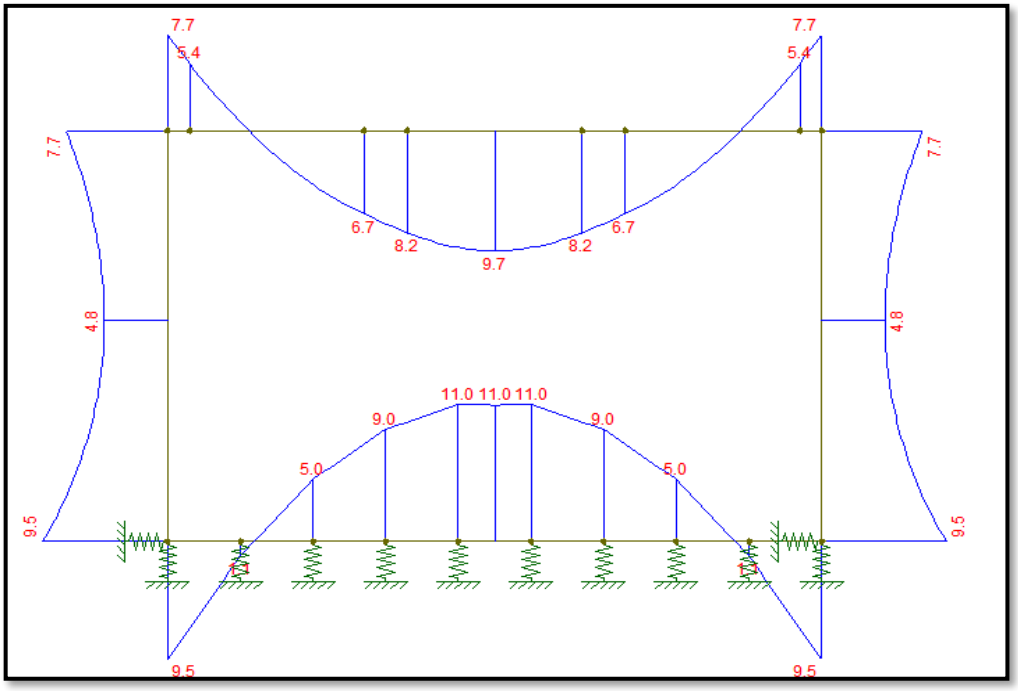
Reação máxima = 4500 kgf
Tensão máxima = 4500 / (50 x 100) = 0,9 Kgf/cm²

14.3 DIMENSIONAMENTO GALERIA VAZIA - RODAS NO CENTRO

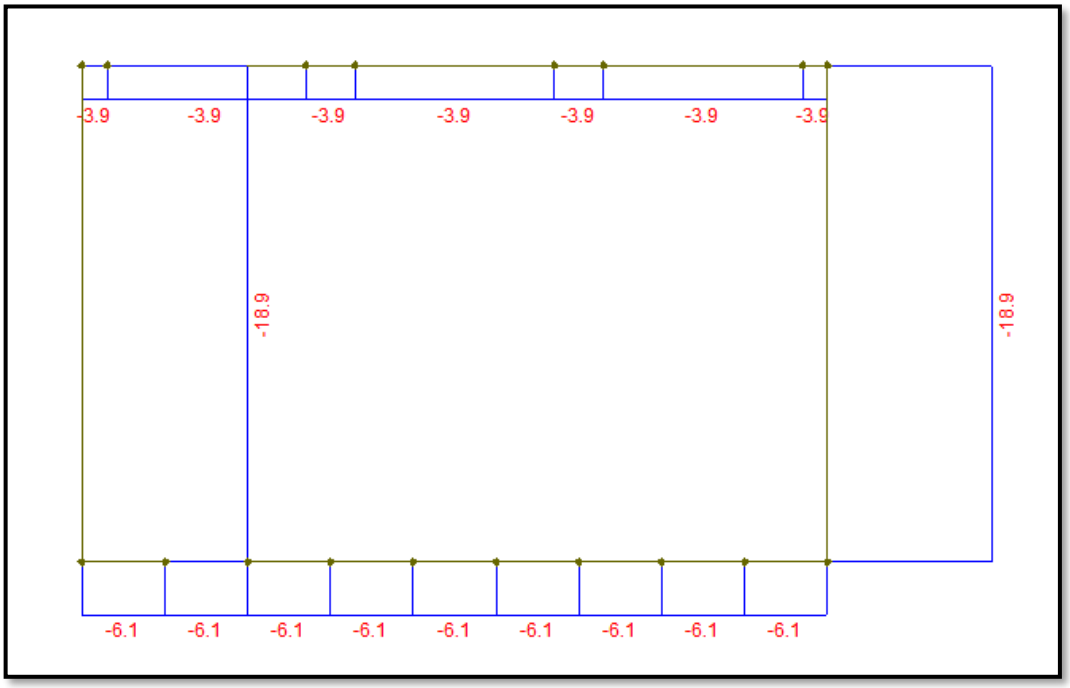
- Esforços



- Momento Fletor



- Esforço Normal



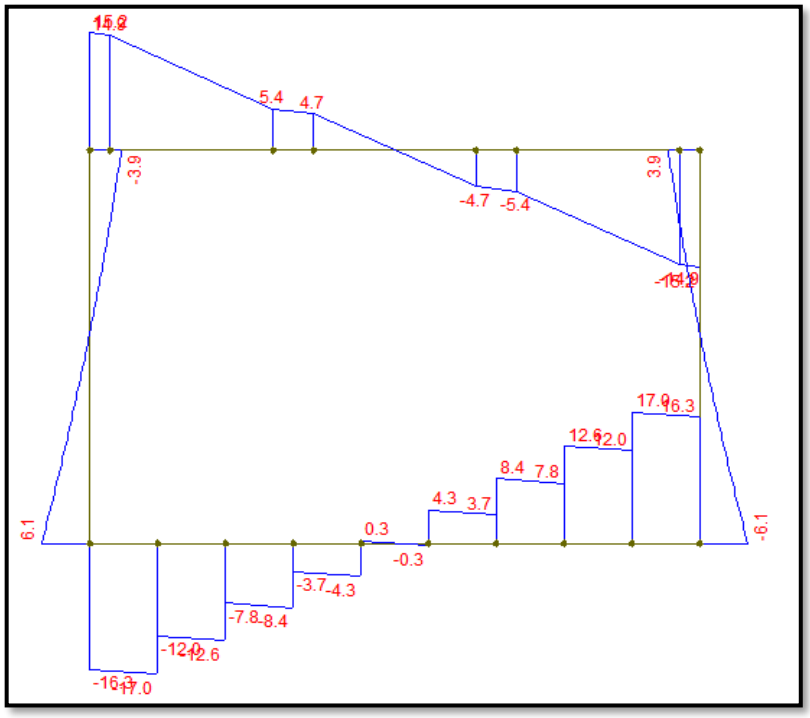
f_{ck}(MPa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 15 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

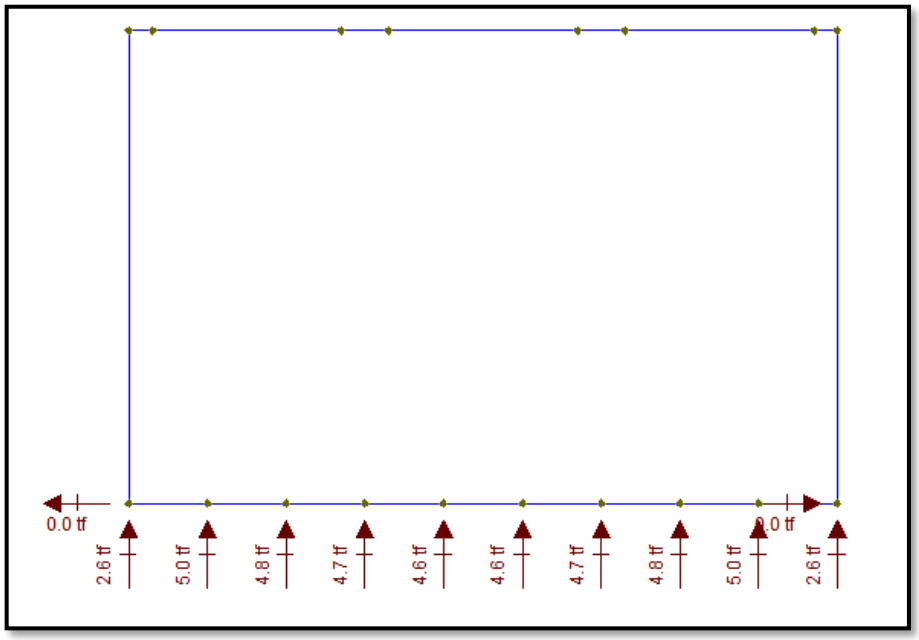
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf*m)	f_{yk}(kN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
PAR	Horizontal	N	50	45	9500	50	0,00	6,92	7,50	0,137	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0
L FUNDO	Horizontal	N	50	45	11000	50	0,00	8,04	8,27	0,185	12,5	14,8	ø 12,5 c/ 12,5
L TOPO	Horizontal	N	50	45	9500	50	0,00	6,92	7,50	0,137	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0

- Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		170,0	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,500	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		12,50	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,450	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0028	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	245,66	kN
V_d	$V * \gamma_f$	238,00	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	2169,64	kN
Vd < VRd2 - OK!			

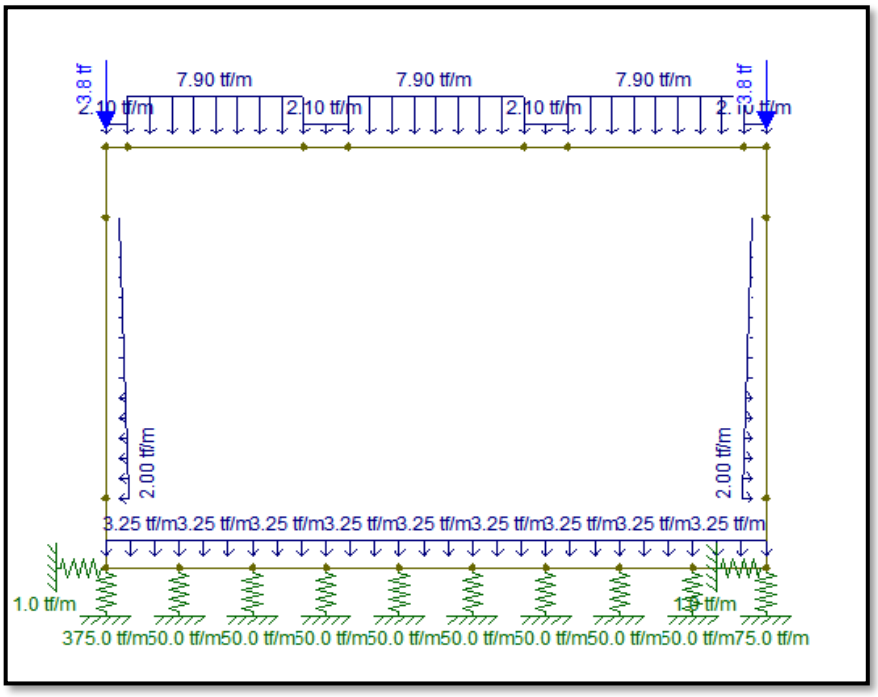
- Reações:



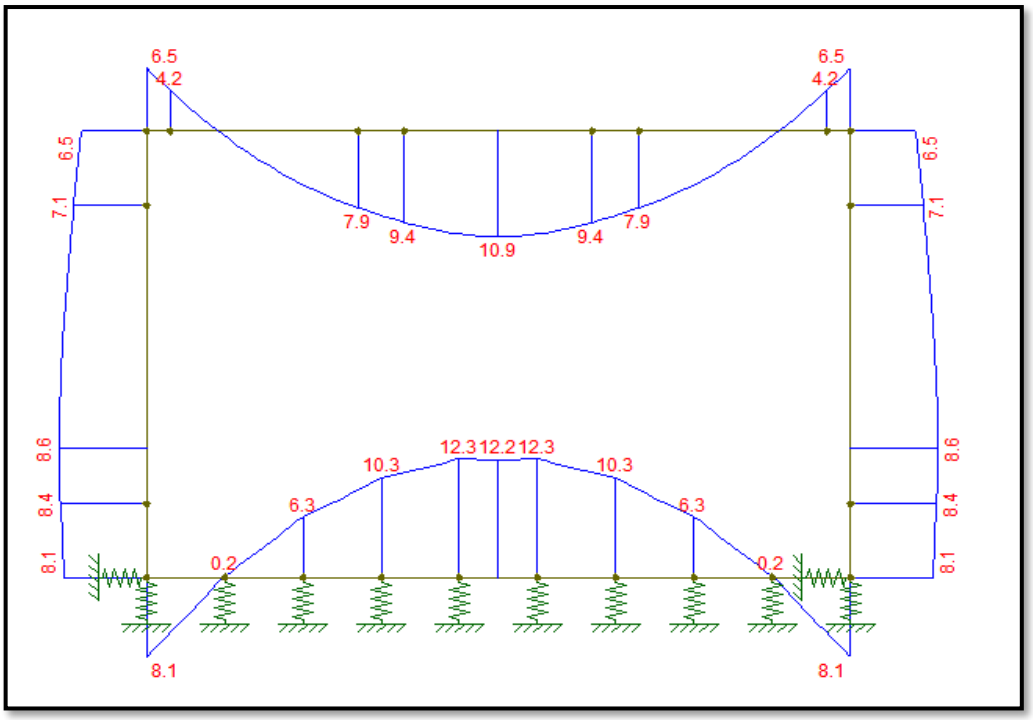
Reação máxima = 5000 kgf
Tensão máxima = 5000 / (50 x 100) = 1,0 Kgf/cm²

14.4 DIMENSIONAMENTO GALERIA CHEIA - RODAS NO CENTRO

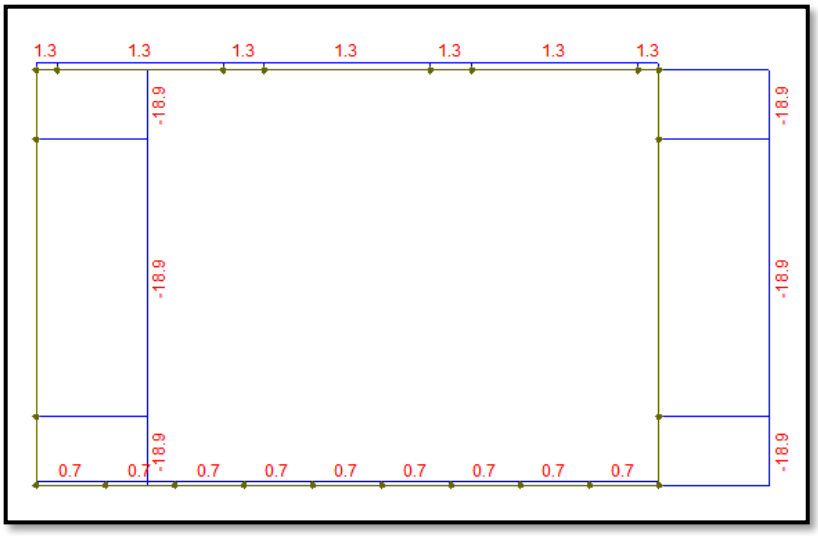
- Esforços



- Momento Fletor



- Esforço Normal



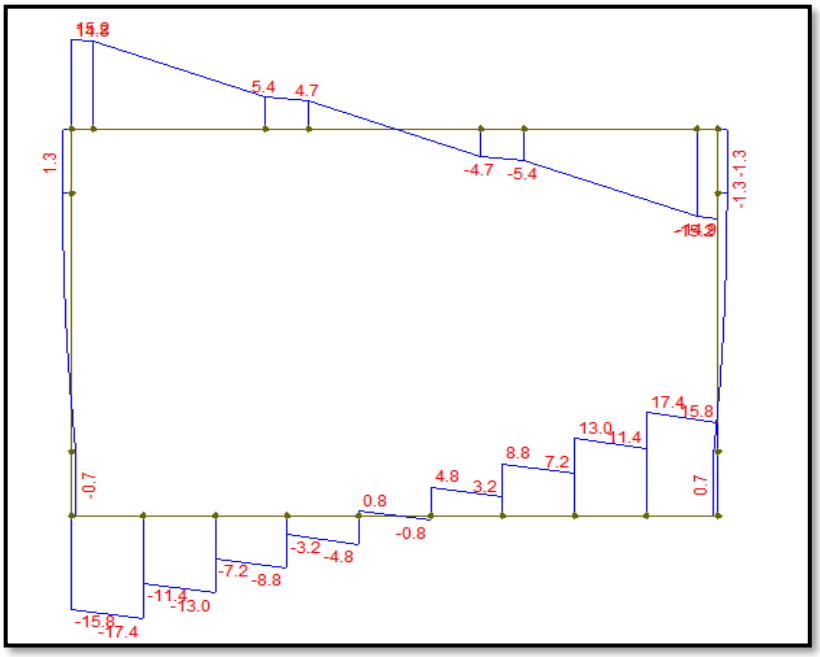
f_{ck}(MPa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 15 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

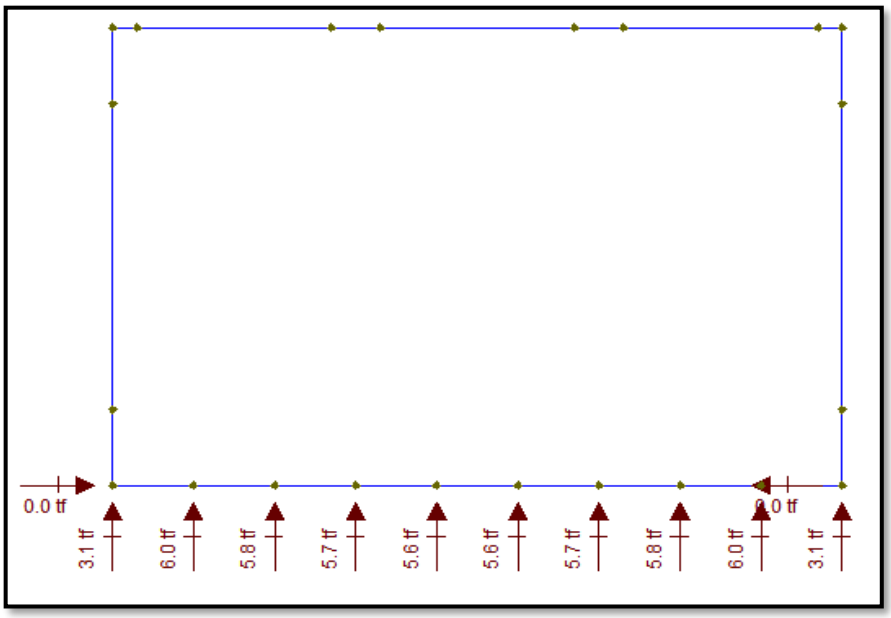
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf*m)	f_{yk}(kN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
PAR	Horizontal	N	50	45	8600	50	0,00	6,26	7,50	0,112	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0
L FUNDO	Horizontal	N	50	45	10900	50	0,00	7,97	8,19	0,182	12,5	15,0	ø 12,5 c/ 12,5
L TOPO	Horizontal	N	50	45	9500	50	0,00	6,92	7,50	0,137	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0

- Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		174,0	kN
Força de Compressão (Nc)		-7,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		-7,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,500	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		12,50	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,450	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0028	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	-0,02	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	244,33	kN
V_d	$V * \gamma_f$	243,60	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	2169,64	kN
Vd < VRd2 - OK!			

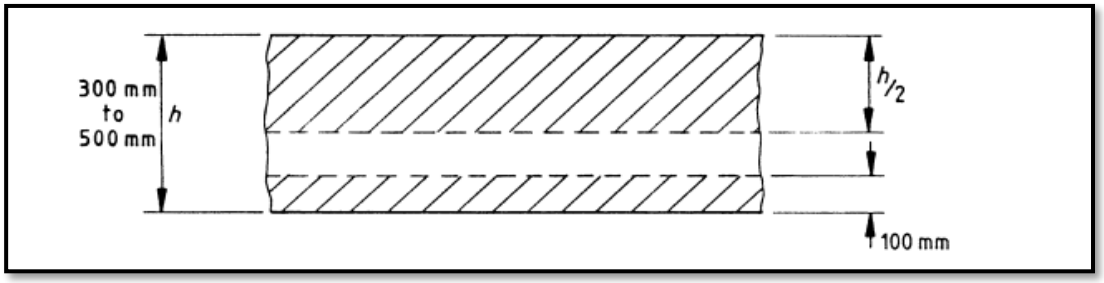
- Reações:



Reação máxima = 6000 kgf
Tensão máxima = 6000 / (50 x 100) = 1,2 Kgf/cm²

14.5 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm≤ h ≤ 50cm →hsup=h/2 e hinf=10cm – Conforme BS 8007:1987 (Design of concretestructures for retainingaqueous liquids)



Para h = 50cm → hsup= 50/2 = 25cm e hinf=10cm
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item17.3.5.2.2:

$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
As = 0,68 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (25 cm x 100 cm) / 3200 kgf/cm² =
As = 12,75 cm² - ø 12,5 c/9

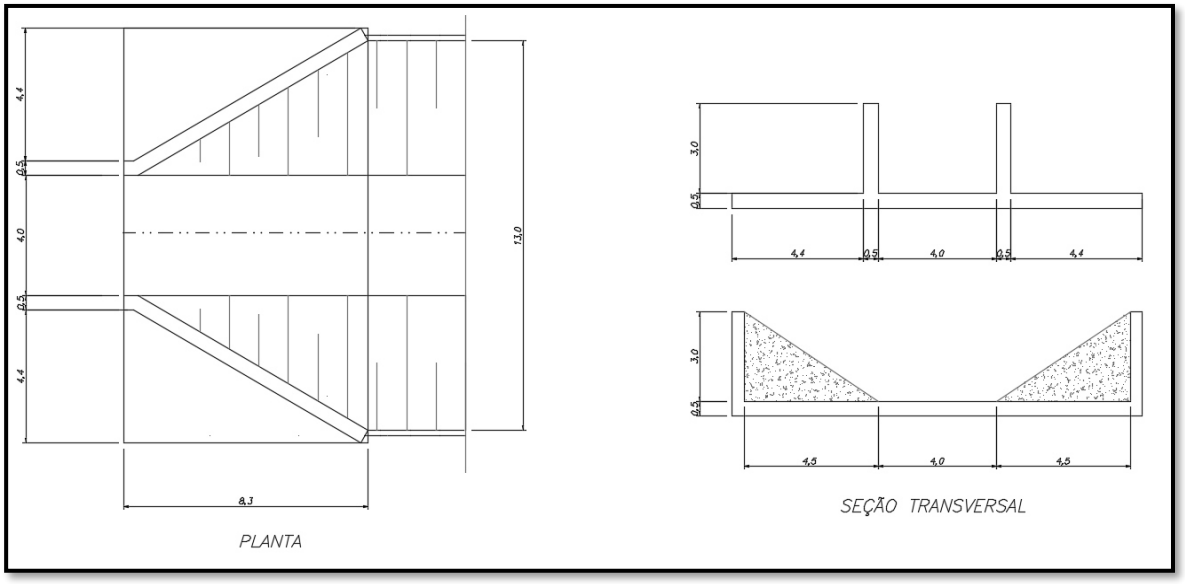
$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
As = 0,68 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (25 cm x 100 cm) / 2800 kgf/cm² =
As = 14,57 cm² - ø 16 c/13

14.6 RESUMO

- Parede, fundo e topo com espessura de 50 cm
- Armação transversal externa e interna das paredes e lajes= ø 16 c/13
- Armação longitudinal das paredes e lajes = ø 12,5 c/9

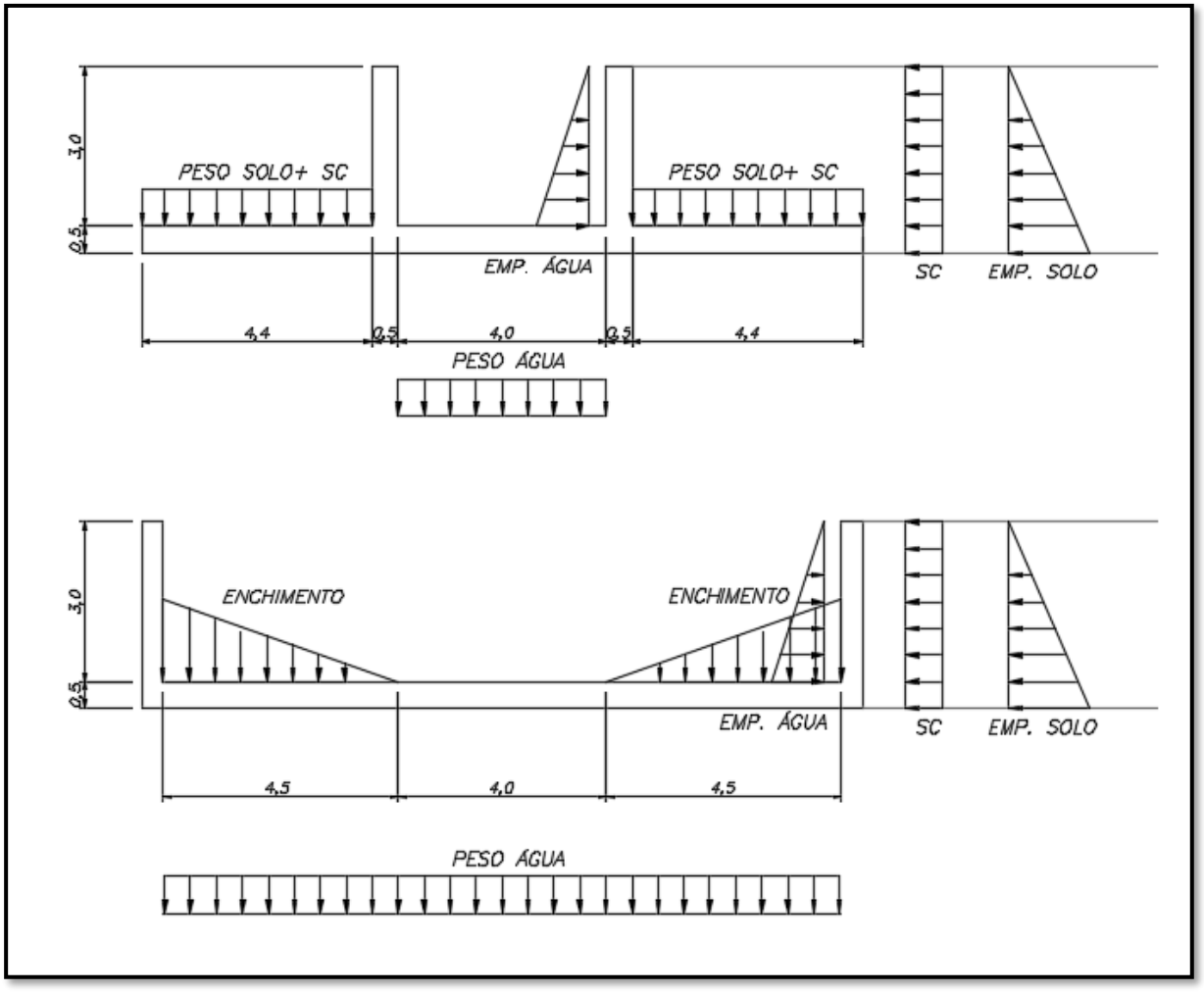
15.0 DIMENSIONAMENTO EXTRAVASOR - TRANSIÇÃO

Para dimensionamento da Transição serão analisadas duas seções transversais, a inicial e a final, conforme ilustradao abaixo na imagem.



15.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga 1000kgf/m^2
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



- Carregamento sobre a Aba:

$$PPlaje = \gamma_{conc} \cdot h = 2{,}5\ x\ 0{,}50 = 1{,}25\ tf/m^2$$

$$PPsolo = \gamma_{solo} \cdot h = 1{,}7\ x\ 3{,}0 = 5{,}1\ tf/m^2$$

$$SC = 1{,}0\ tf/m^2$$

- Carregamento sobre a laje de fundo:

$PPágua = \gamma_{água} \cdot h = 1{,}0\ x\ 3{,}0 = 3{,}0\ tf/m^2$

$PPlaje = \gamma_{conc} \cdot h = 2{,}5\ x\ 0{,}50 = 1{,}25\ tf/m^2$

$ENCH = \gamma_{conc} \cdot h = 2{,}5\ x\ 3{,}0 = 7{,}25\ tf/m^2$ (Variável de 7,25 a 0)

- Carregamento lateral nas paredes:

$E_{solo} = \gamma_{solo} \cdot h \cdot k_a = 1{,}7\ x\ 3{,}5\ x\ 0{,}361 = 2{,}15\ tf/m^2$

$E_{água} = \gamma_{água} \cdot h = 1{,}0\ x\ 3{,}0 = 3{,}0\ tf/m^2$

$SC = SC \cdot k_a = 1{,}0\ \ x\ 0{,}361 = 0{,}36\ tf/m^2$

$PPparede = \gamma_{conc} \cdot h\ \cdot e\ = 2{,}5\ x\ 3{,}00\ x\ 0{,}50 = 3{,}75\ tf/m$

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

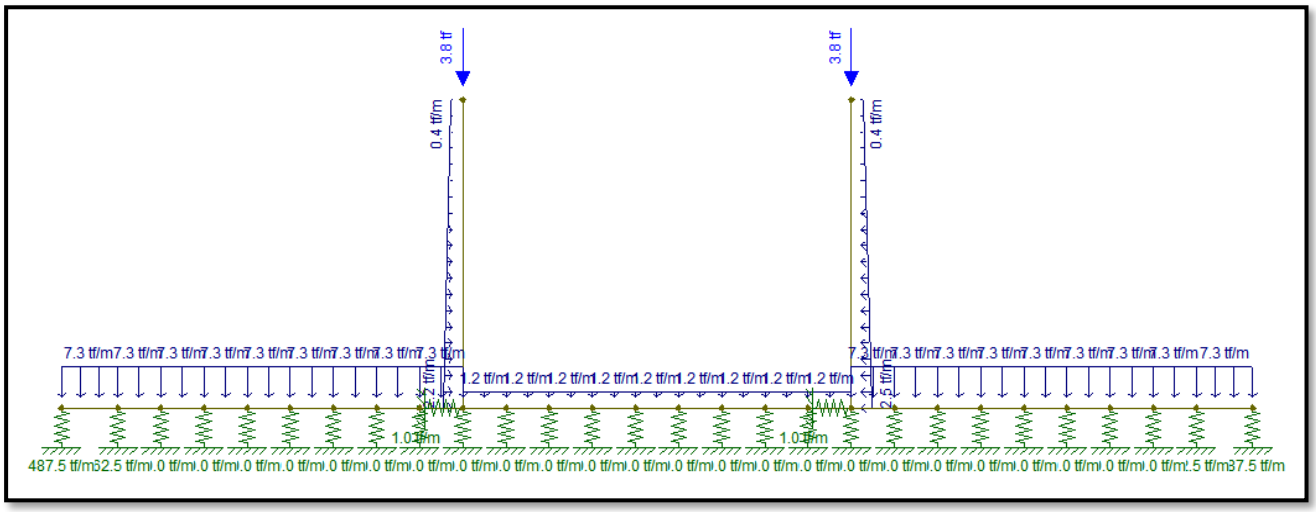
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de$k_r = 15MPa/m$.
Para a distância entre nós de 50cm temos:

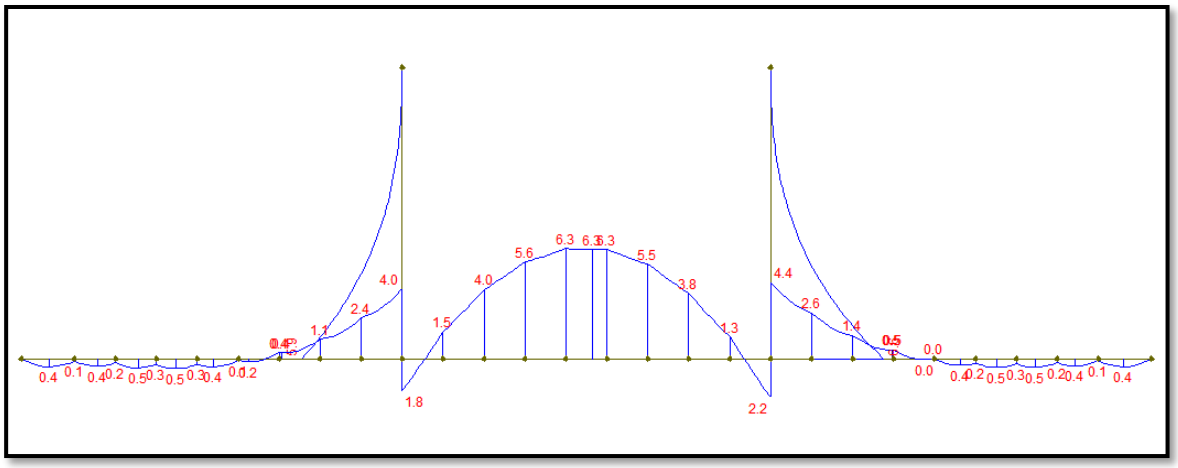
$1500tf/m^3 x\ 0{,}50m\ x\ 1{,}0m = 750tf/m$

15.2 DIMENSIONAMENTO SEÇÃO FINAL VAZIO

- Esforços

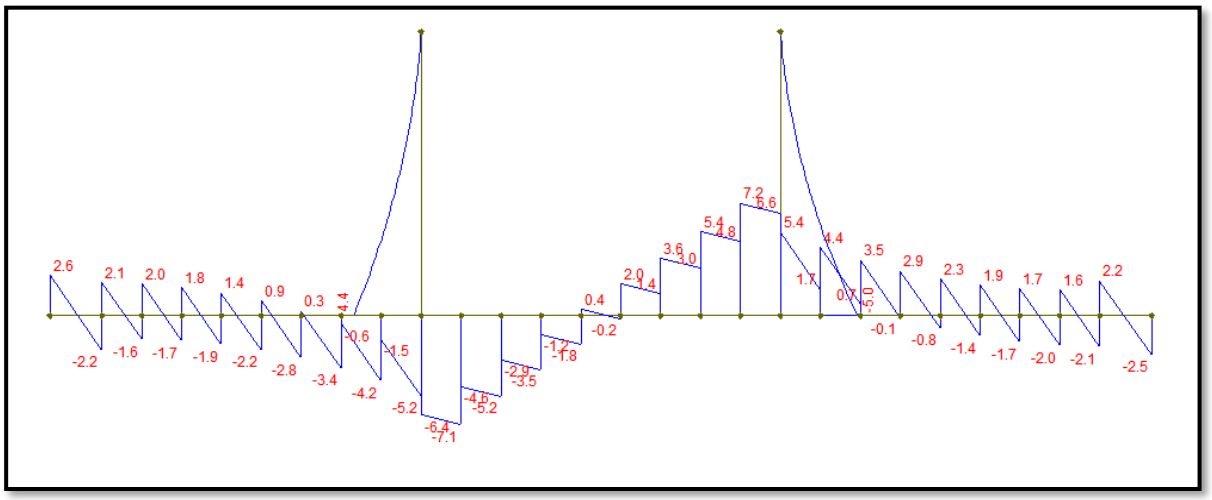


- Momento Fletor



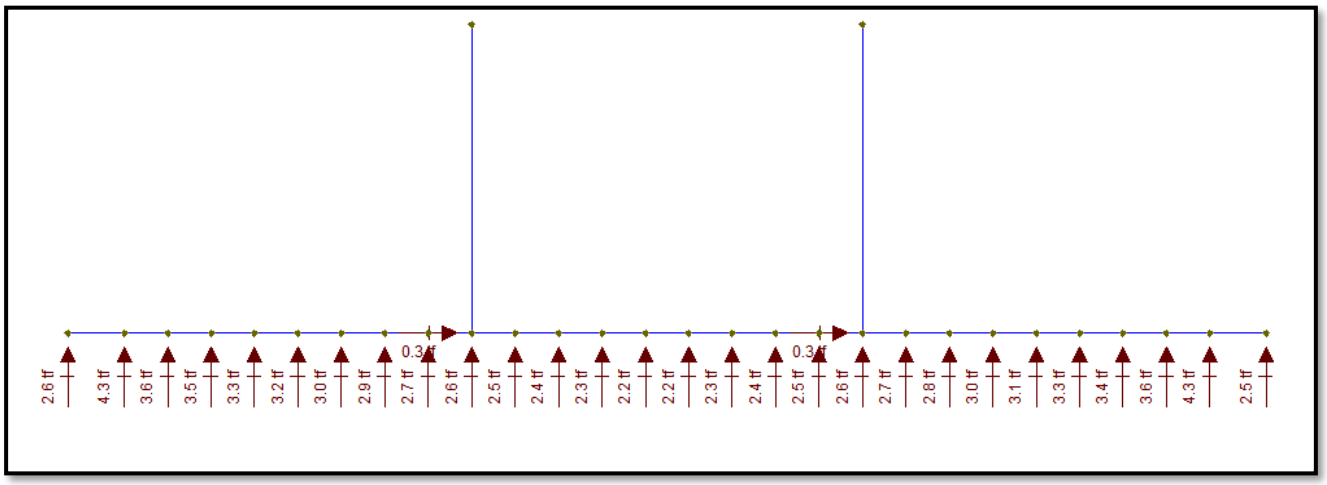
f_{ck}(MPa)= 30		d' (cm)= 5		Usar As_{min} de Norma? s									
w_k= 0,2 mm		Espaçamento máximo = 15 cm											
Posição limite da linha neutra x/d = 0,45													
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf*m)	f_{yk}(kN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
PAR	Horizontal	n	50	45	6600	50	0,00	4,78	7,50	0,066	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0
LAJE	Horizontal	N	50	45	6300	50	0,00	4,56	7,50	0,060	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0

- Esforço Cortante



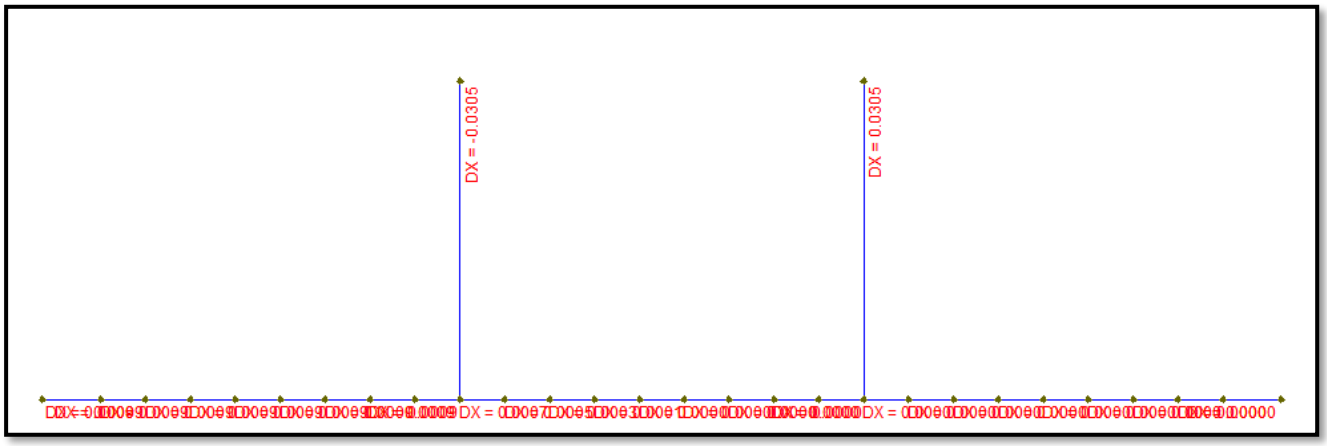
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		72,0	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,500	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,450	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	224,84	kN
V_d	$V * \gamma_f$	100,80	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	2169,64	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações

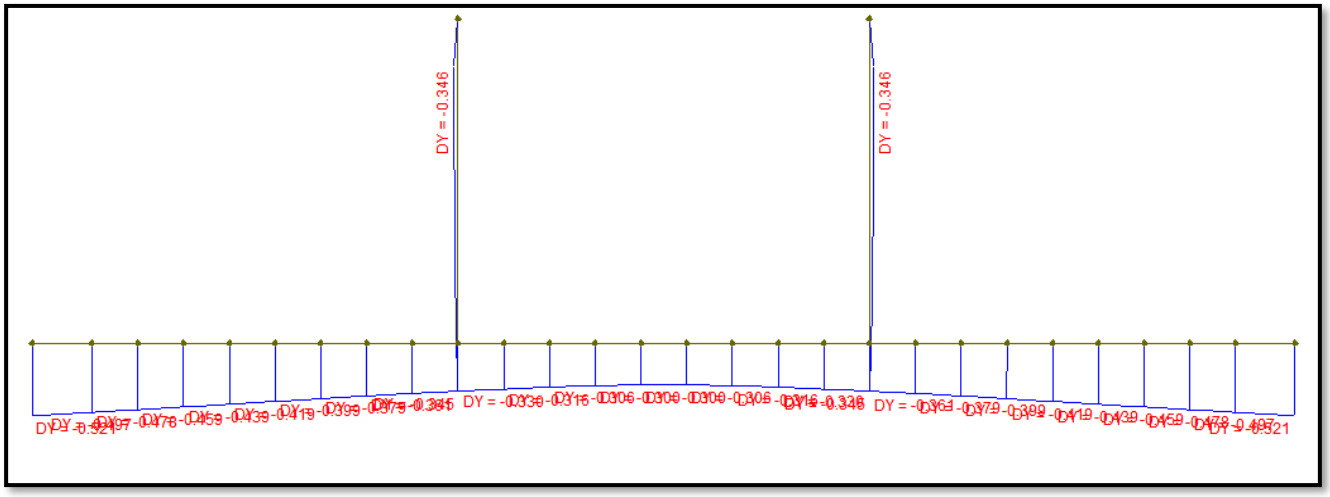


Reação máxima = 4300 kgf
Tensão máxima = 4300 / (50x 100) = 0,9 Kgf/cm²

- Deformações:



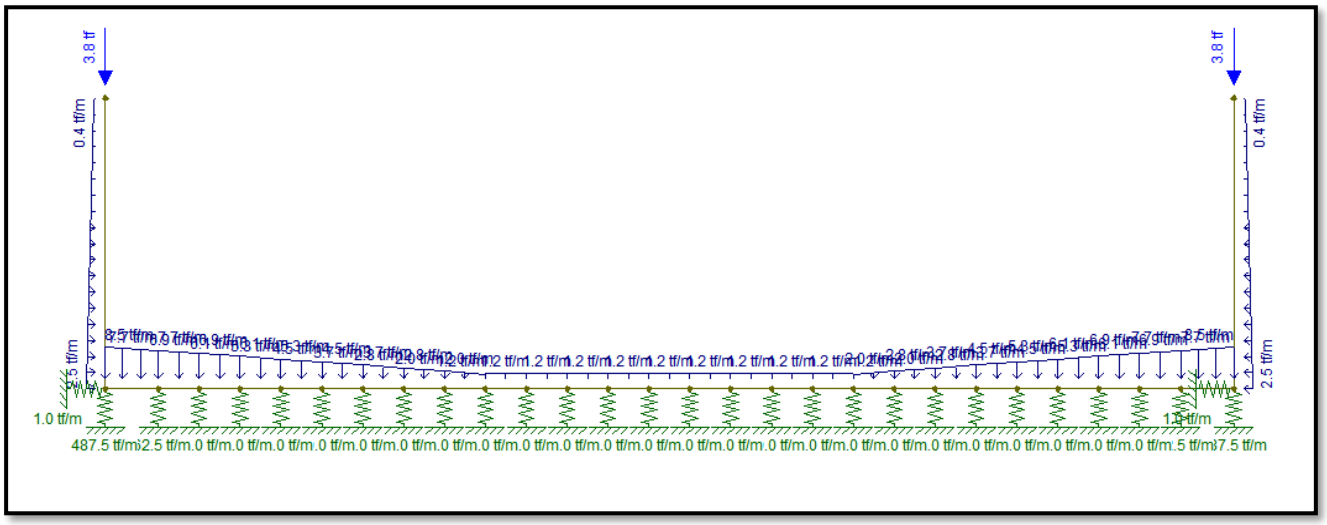
Deformação máxima horizontal = 0,39 cm
Deformação horizontal limite = 350/150 = 2,3 cm



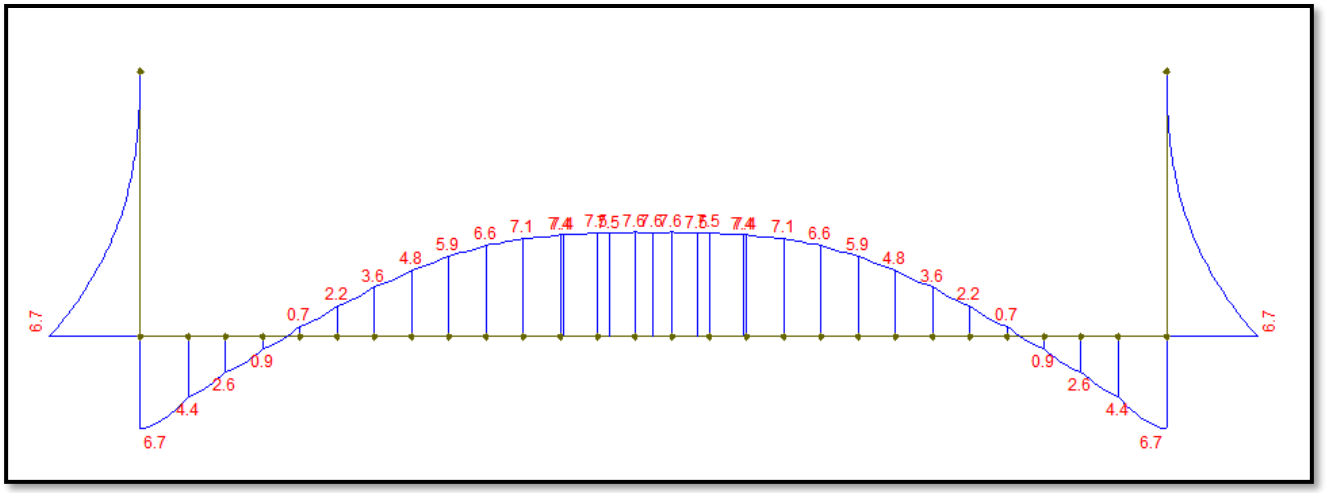
Deformação máxima vertical = 0,52 cm

15.3 DIMENSIONAMENTO SEÇÃO INICIAL VAZIO

- Esforços



- Momento Fletor



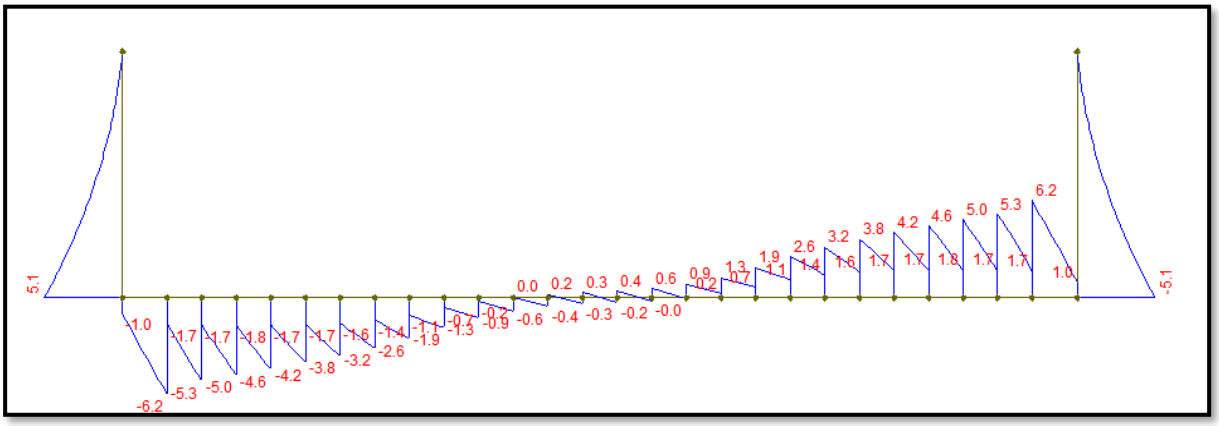
f_{ck}(MPa)= 30 | d' (cm)= 5 | Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm | Espaçamento máximo = 15 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

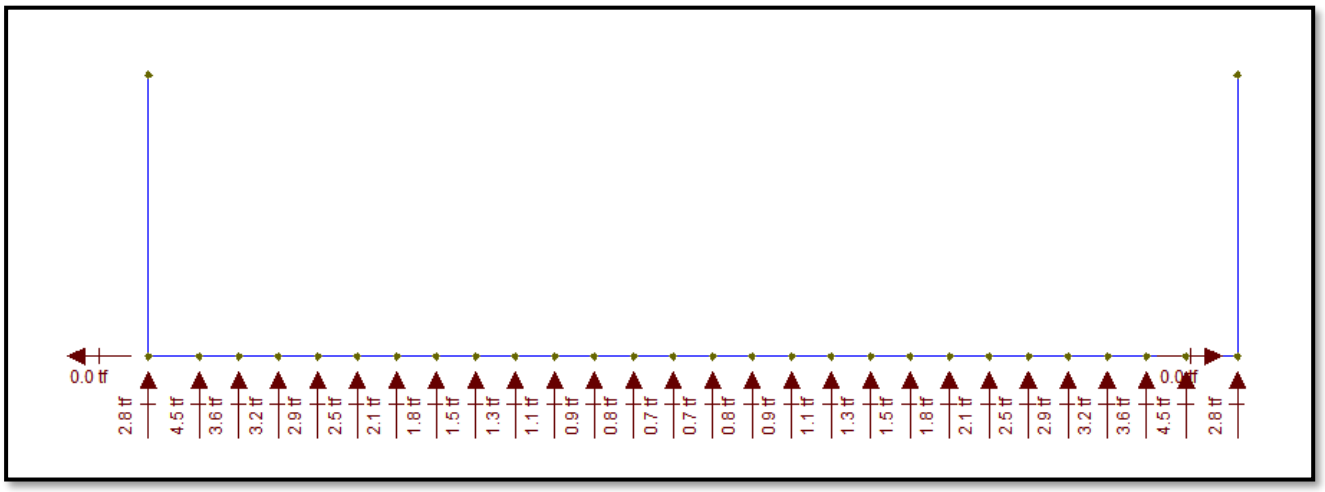
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (kgf*m)	f_{yk}(kN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
PAR	Horizontal	n	50	45	6700	50	0,00	4,86	7,50	0,068	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0
LAJE	Horizontal	N	50	45	7600	50	0,00	5,52	7,50	0,087	12,5	16,4	ø 12,5 c/ 15,0

- Esforço Cortante



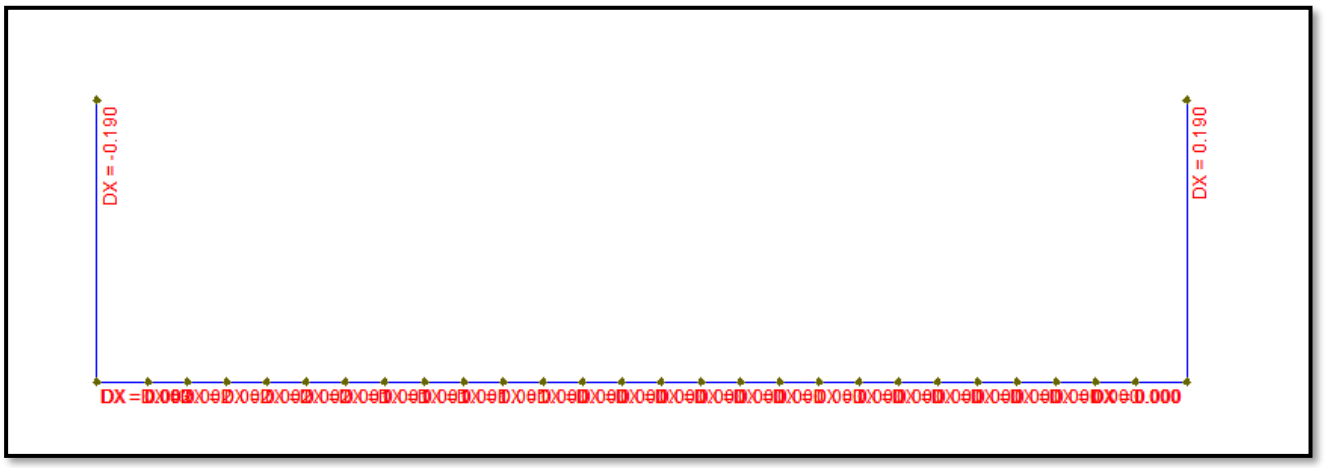
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		62,0	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,500	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,450	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	224,84	kN
V_d	$V * \gamma_f$	86,80	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	2169,64	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações

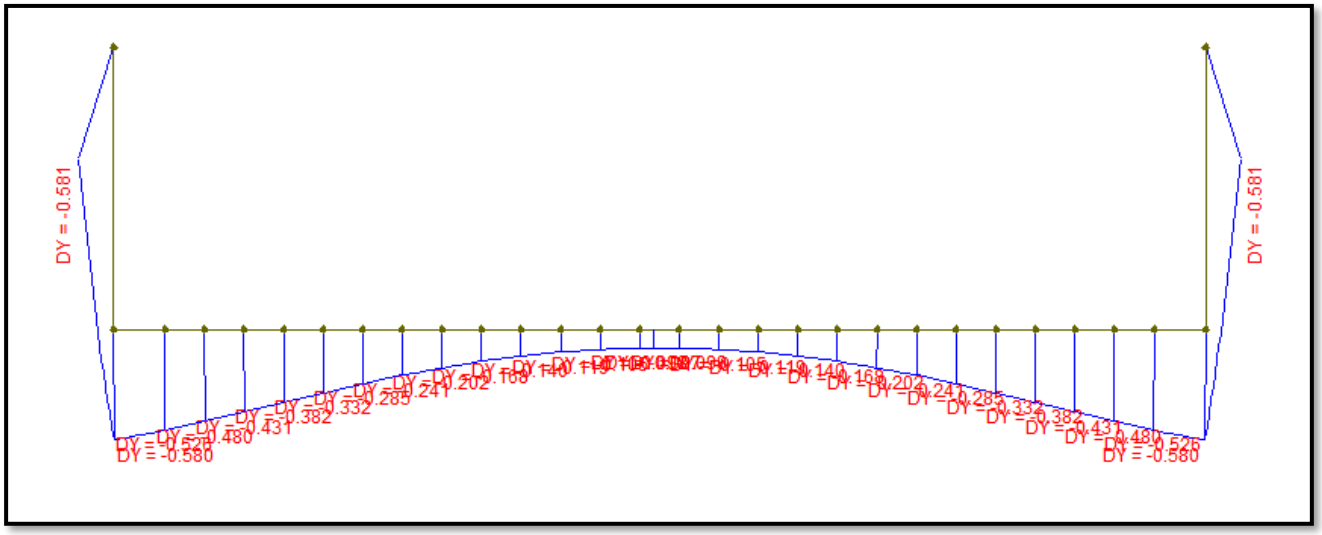


Reação máxima = 4500 kgf
Tensão máxima = 4500 / (50 x 100) = 0,9 Kgf/cm²

- Deformações:



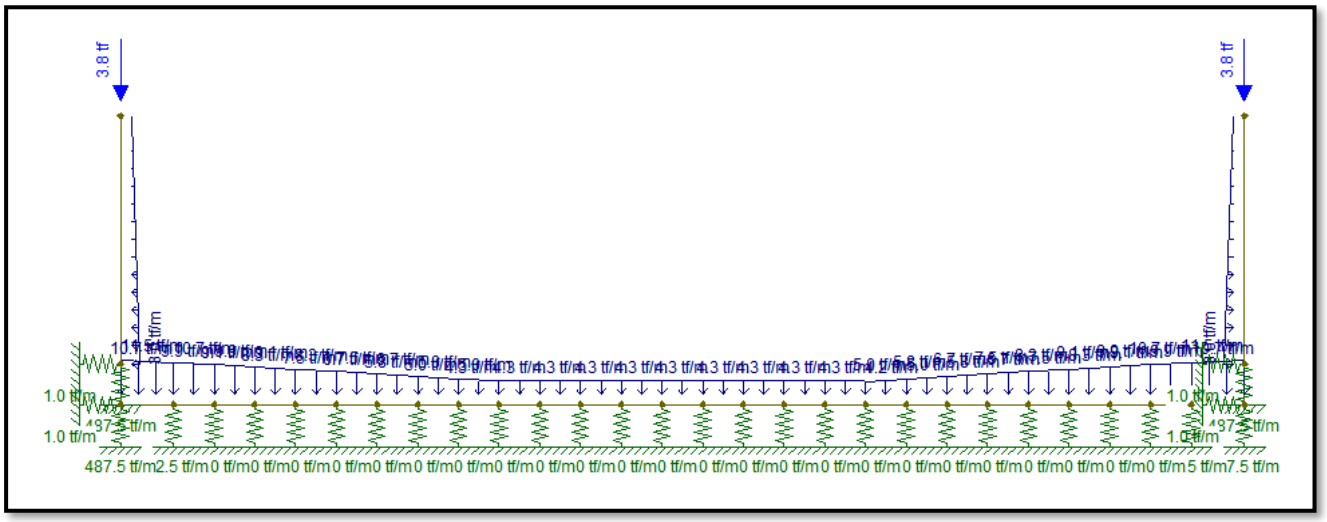
Deformação máxima horizontal = 0,2 cm
Deformação horizontal limite = 350/150 = 2,3 cm



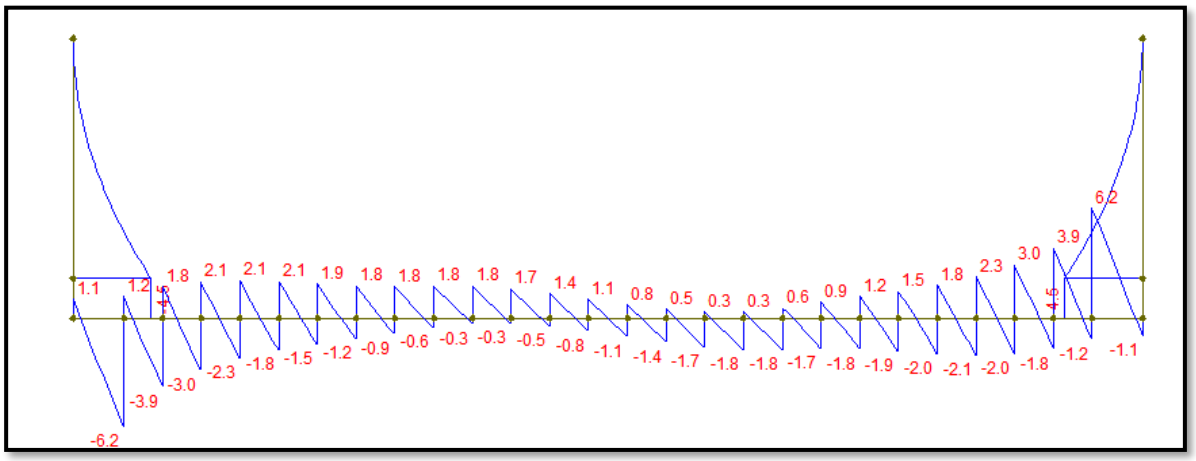
Deformação máxima vertical = 0,58 cm

15.4 DIMENSIONAMENTO SEÇÃO INICIAL CHEIO

- Esforços

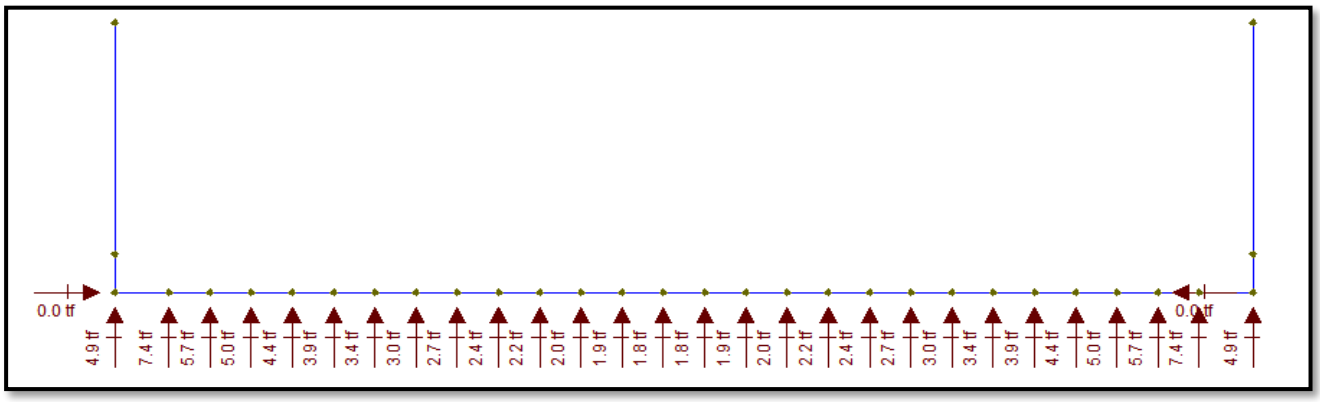

3.8 tf
3.8 tf
1.0 tf/m
1.0 tf/m
1.0 tf/m
1.0 tf/m
487.5 tf/m2.5 tf/m0 tf/m0 tf/m0

- Esforço Cortante



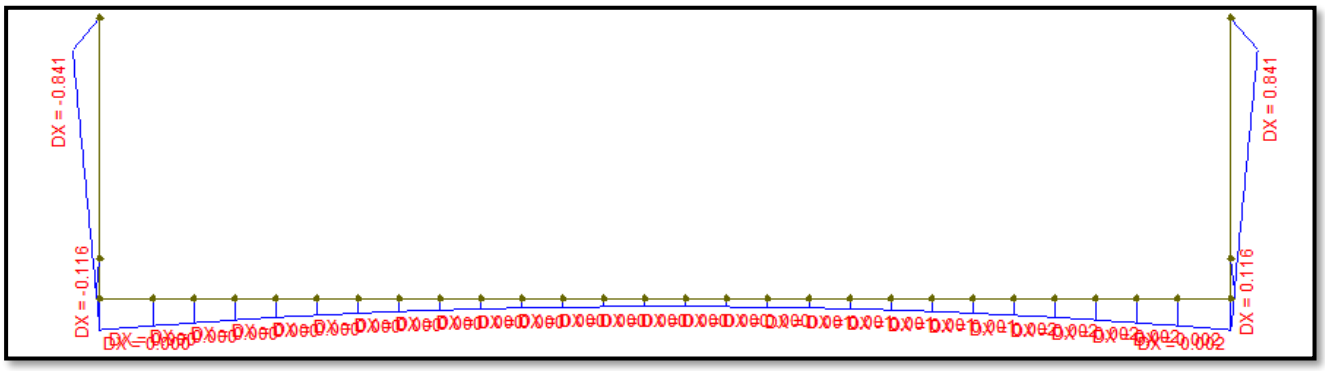
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		62,0	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,500	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,450	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		435	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,15	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	224,84	kN
V_d	$V * \gamma_f$	86,80	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	2169,64	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações

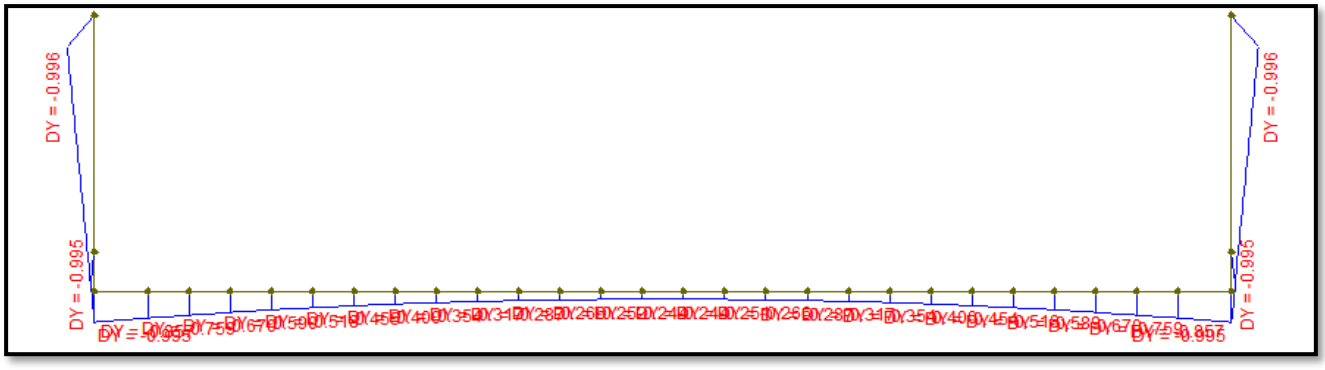


Reação máxima = 7400 kgf
Tensão máxima = 7400 / (50 x 100) = 1,5 Kgf/cm²

- Deformações:



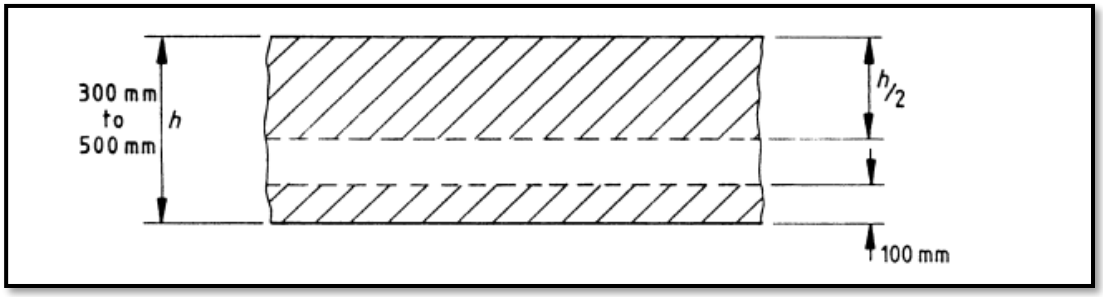
Deformação máxima horizontal = 0,8 cm
Deformação horizontal limite = 350/150 = 2,3 cm



Deformação máxima vertical = 0,97 cm

15.5 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm≤ h ≤ 50cm →hsup=h/2 e hinf=10cm – Conforme BS 8007:1987 (Design of concretestructures for retainingaqueous liquids)



Para h = 50cm → hsup= 50/2 = 25cm e hinf=10cm
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item17.3.5.2.2:

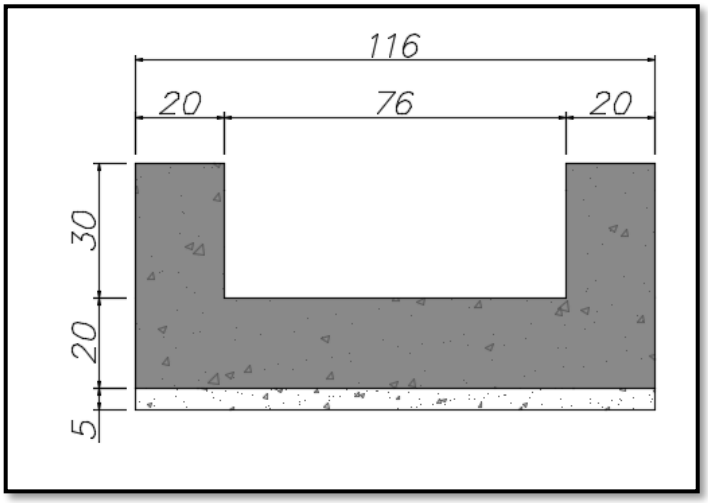
$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
As = 0,68 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (25 cm x 100 cm) / 3200 kgf/cm² =
As = 12,75 cm² - ø 12,5 c/9

$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
As = 0,68 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (25 cm x 100 cm) / 2800 kgf/cm² =
As = 14,57 cm² - ø 16 c/13

15.6 RESUMO

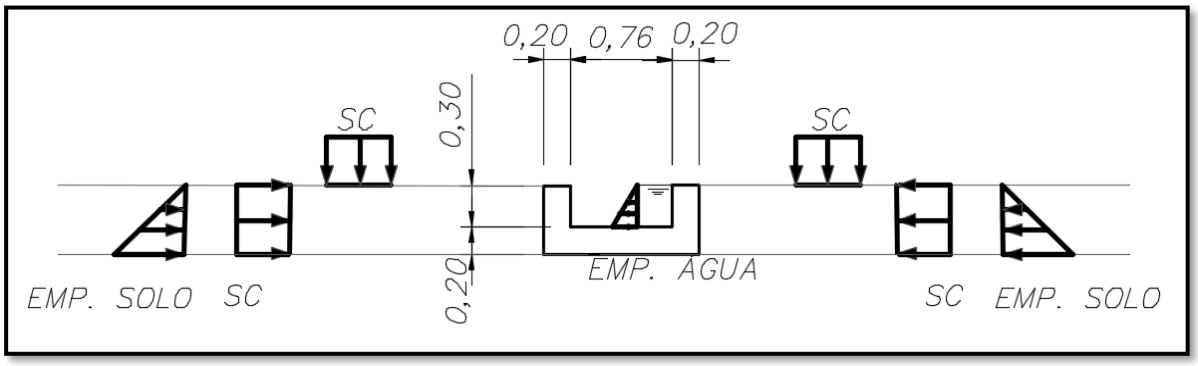
- Parede, fundo e topo com espessura de 50 cm
- Armação transversal externa e interna das paredes e lajes= ø 16 c/13
- Armação longitudinal das paredese lajes = ø 12,5 c/9

16.0 DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO SITUADO NA OMBREIRA DIREITA



16.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



Empuxo do Solo = γ x h x Ka = 1,7 x 0,40 x 0,750 = 0,51 tf/m²
Sobrecarga = sc x Ka = 1,0 x 0,750 = 0,750 tf/m²

Empuxo da Água = γ x h = 1,0 x 0,30 = 0,30 tf/m²
Peso próprio das paredes = 2,5 x 0,20 x 0,40 = 0,20 tf/m
Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,20 = 0,50 tf/m²

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

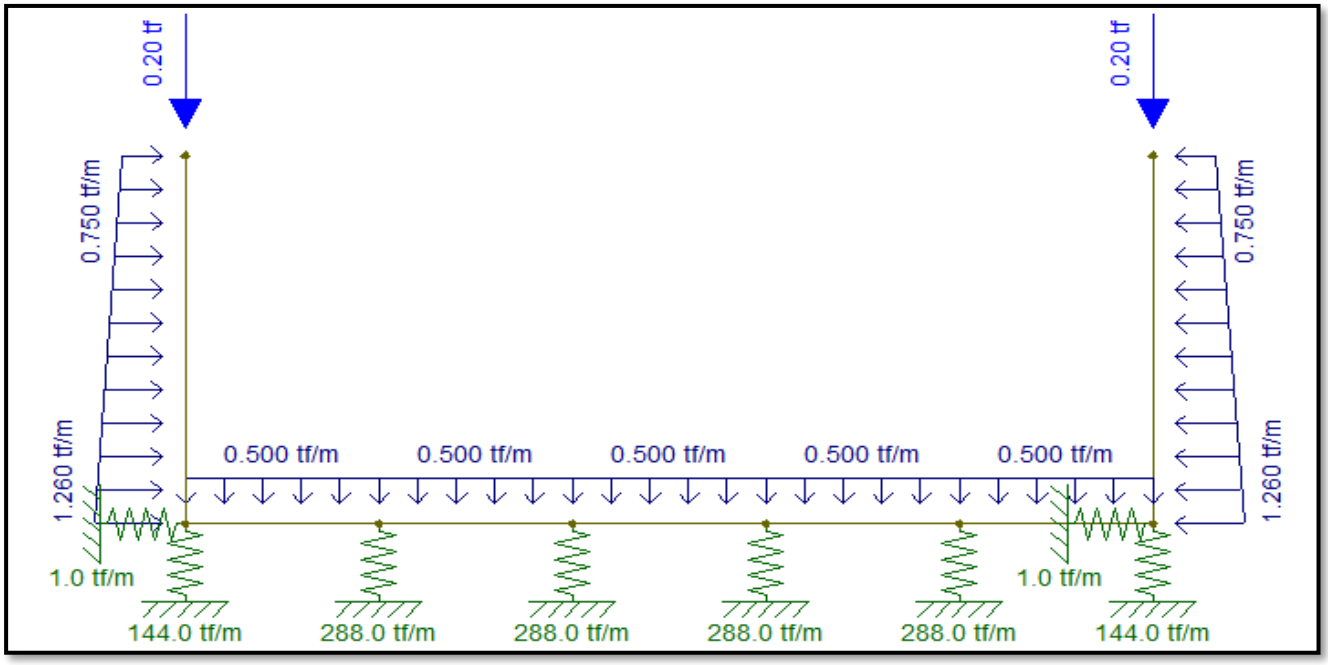
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de$k_r = 15MPa/m$.
Para a distância entre nós de 19,2 cm temos:

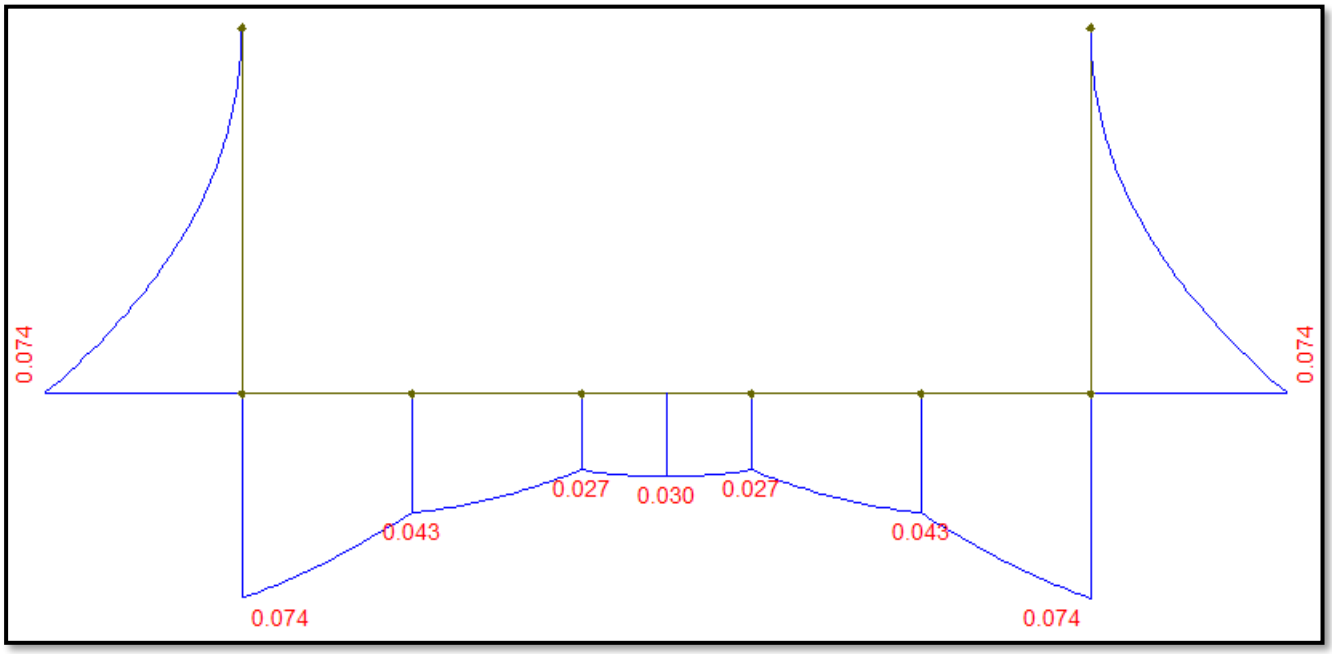
$$\frac{1500tf}{m^3} \text{ x } 0{,}192m \; x \; 1{,}0m = 288 \; tf/m$$

16.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



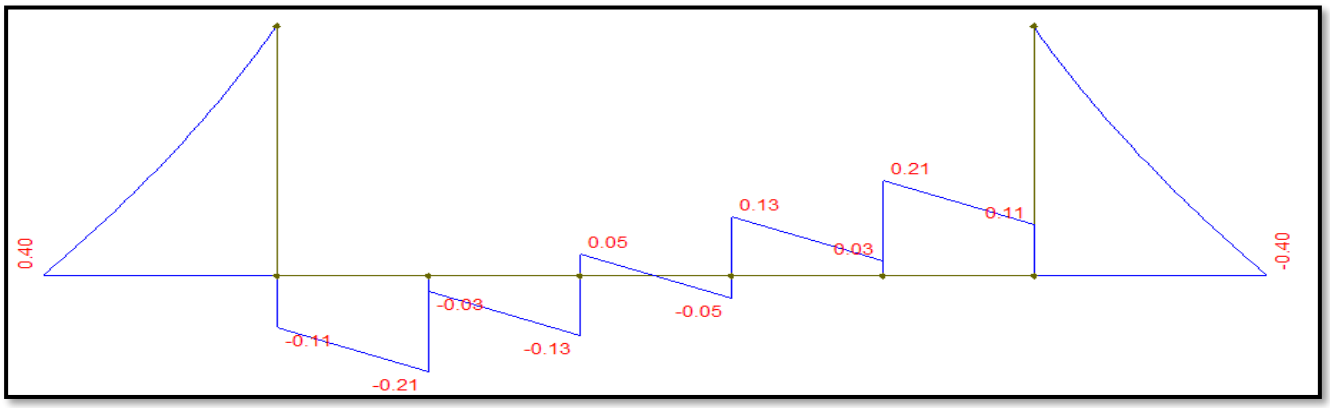
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

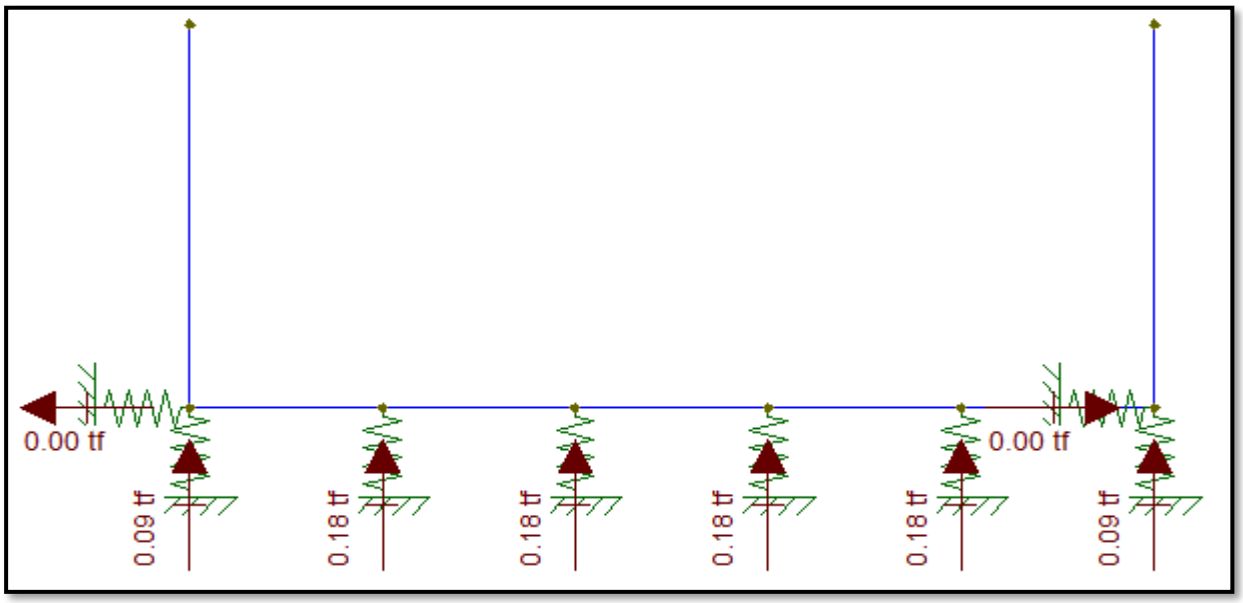
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	74	50	0,00	0,16	3,16	0,000	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

- Diagrama de Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	MEDIDOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		4,0	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,200	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,150	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		296	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	94,50	kN
V_d	$V * \gamma_f$	5,60	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

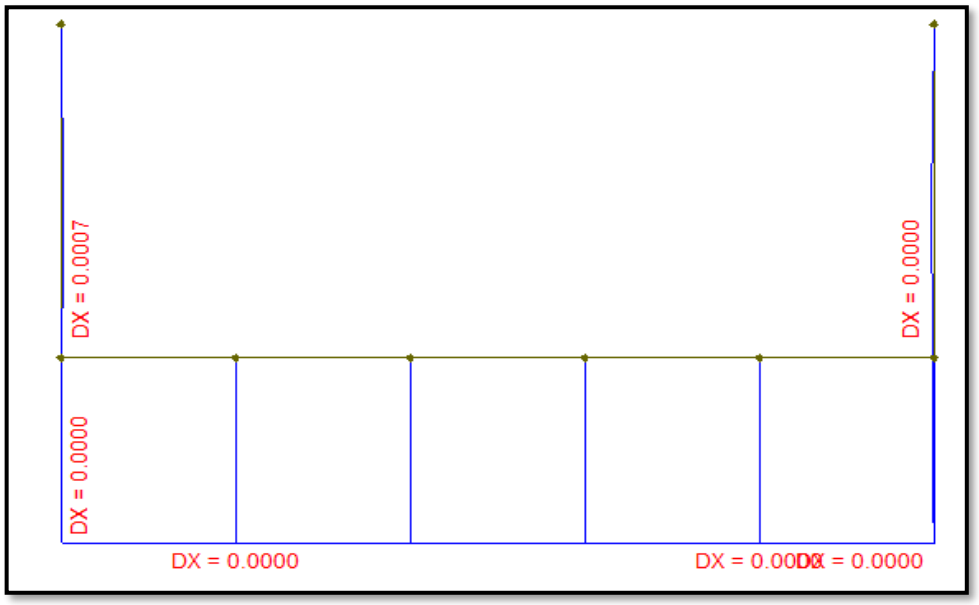
- Reações:



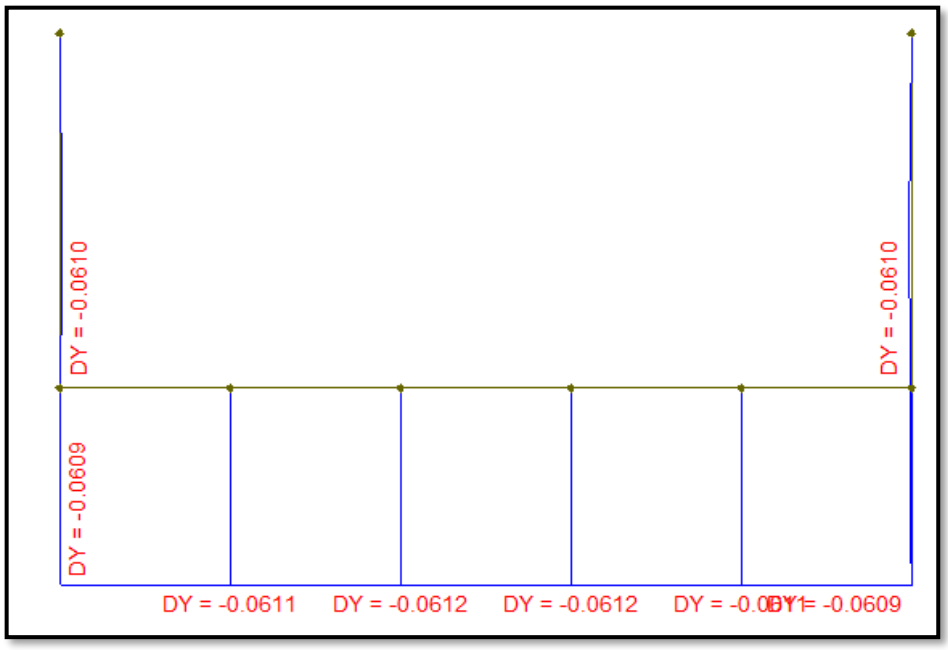
Reação máxima = 180kgf

Tensão máxima = 180 / (19,2 x 100) = 0,1 kgf/cm²

- Deformações:



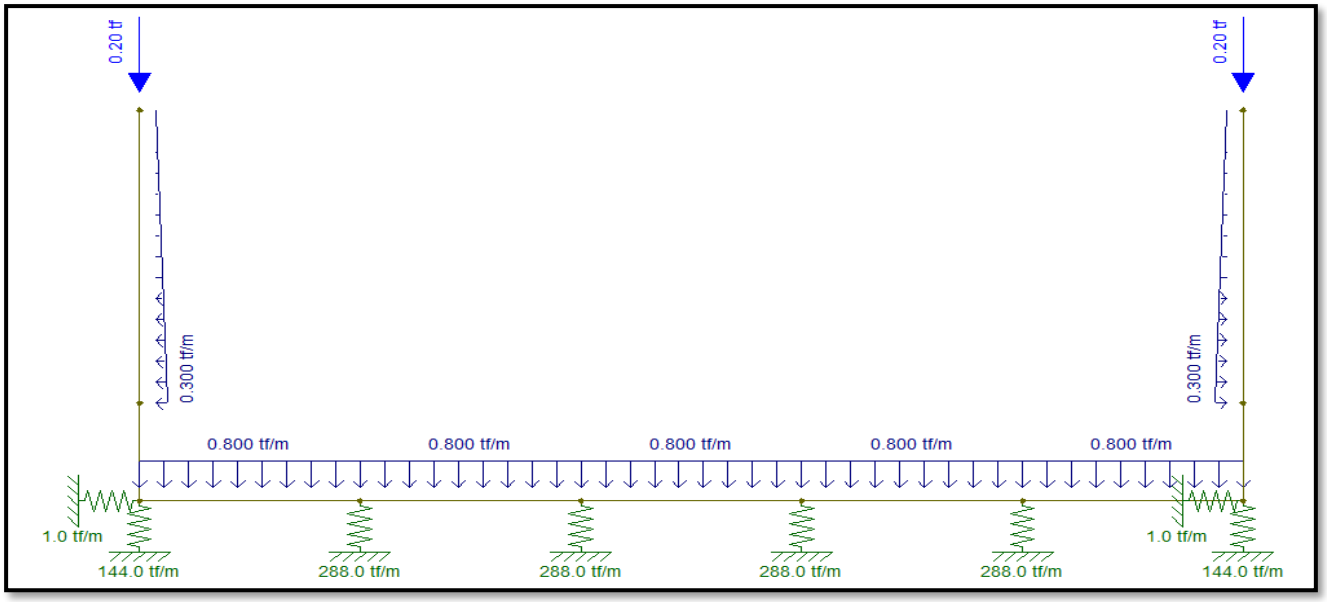
Deformação máxima horizontal = 0,001 cm
Deformação horizontal limite = 40/150 = 0,27 cm



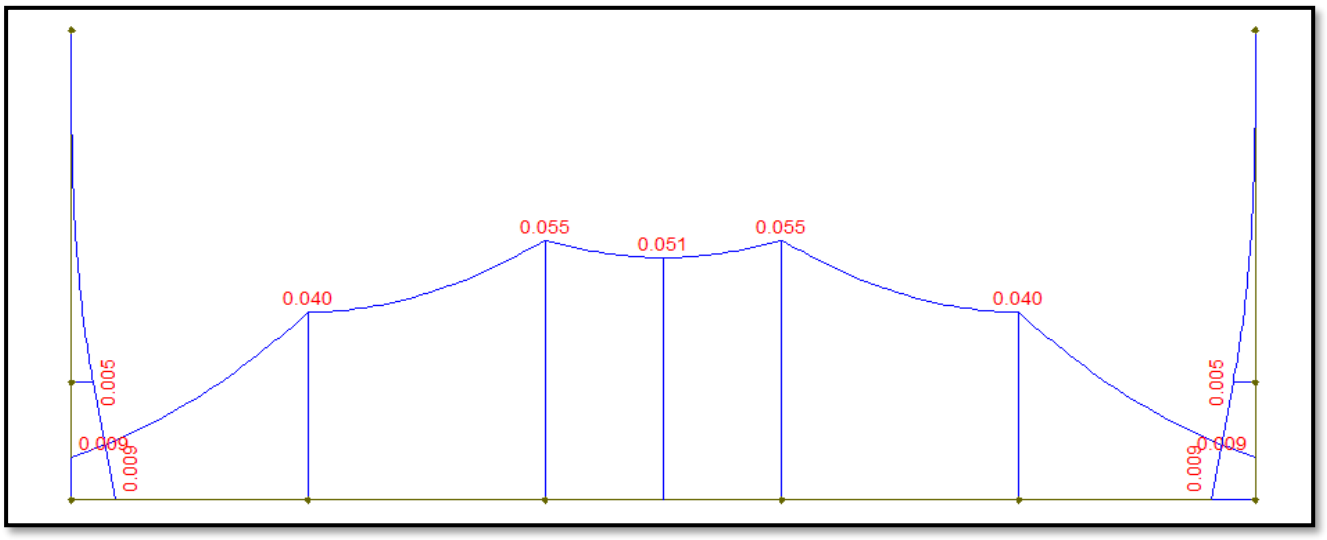
Deformação máxima vertical = 0,07 cm

16.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços



- Diagrama de Momento Fletor



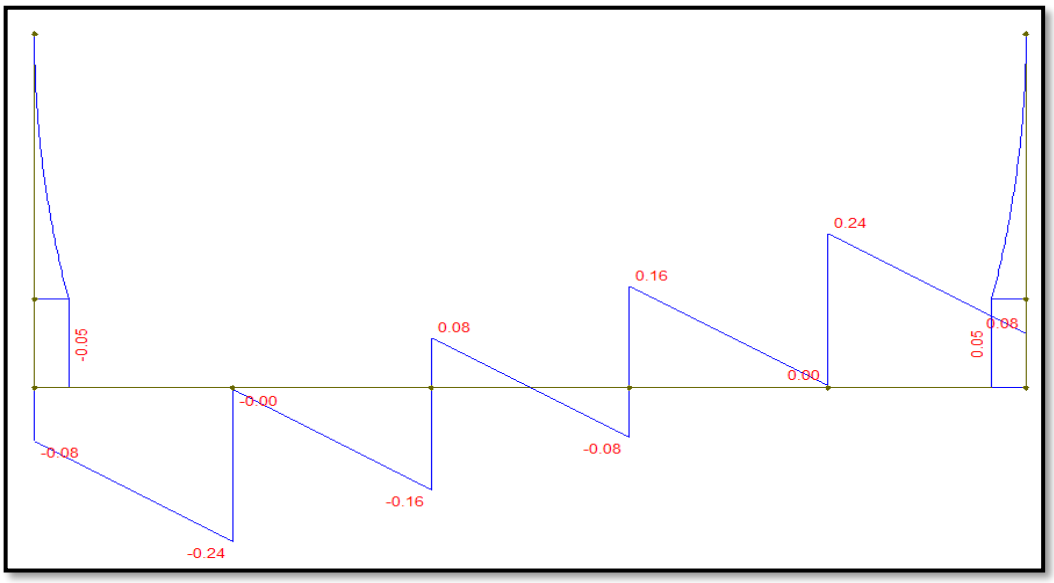
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

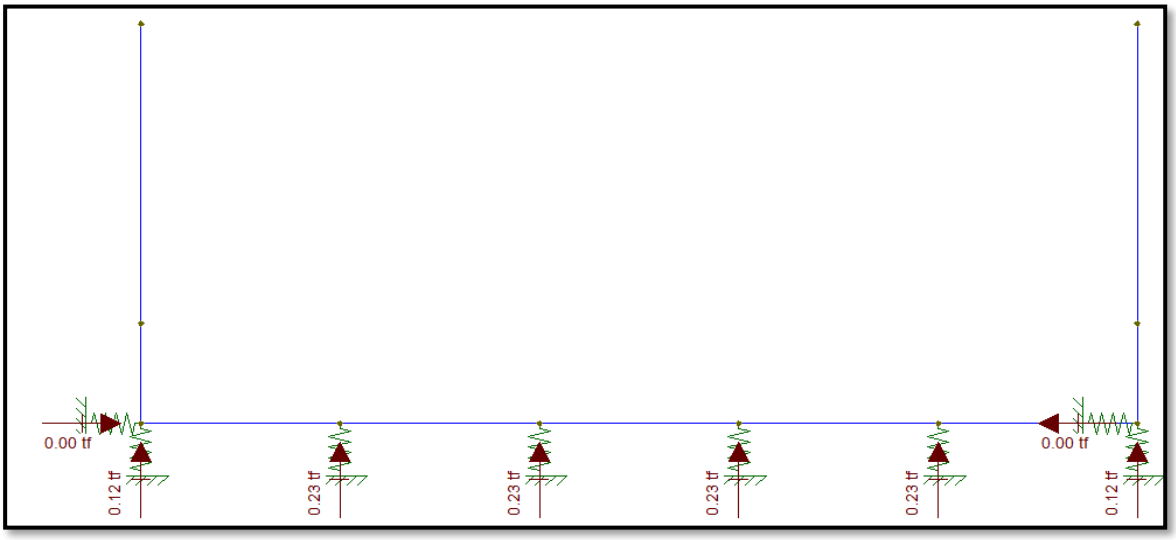
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	20	15	55	50	0,00	0,12	3,16	0,000	8	15,9	ø 8,0 c/ 15,0

- Diagrama de Esforço Cortante



Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	MEDIDOR CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		2,4	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,200	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,150	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		296	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,45	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	94,50	kN
V_d	$V * \gamma_f$	3,36	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	723,21	kN
Vd < VRd2 - OK!			

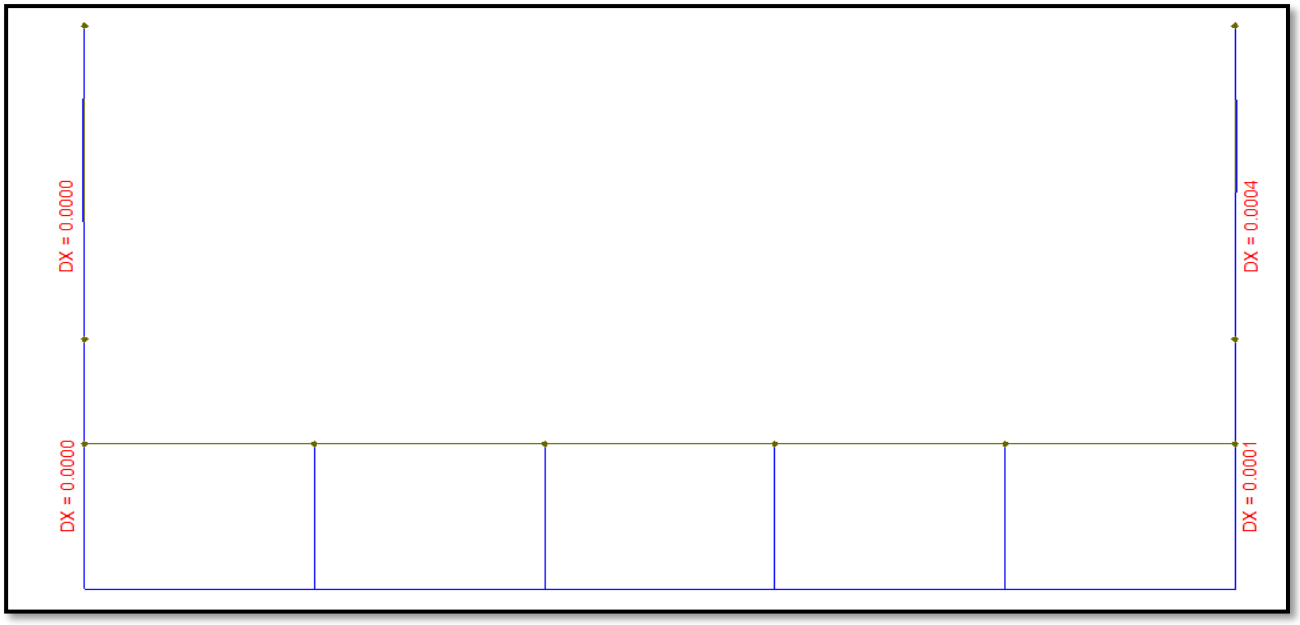
Reações:



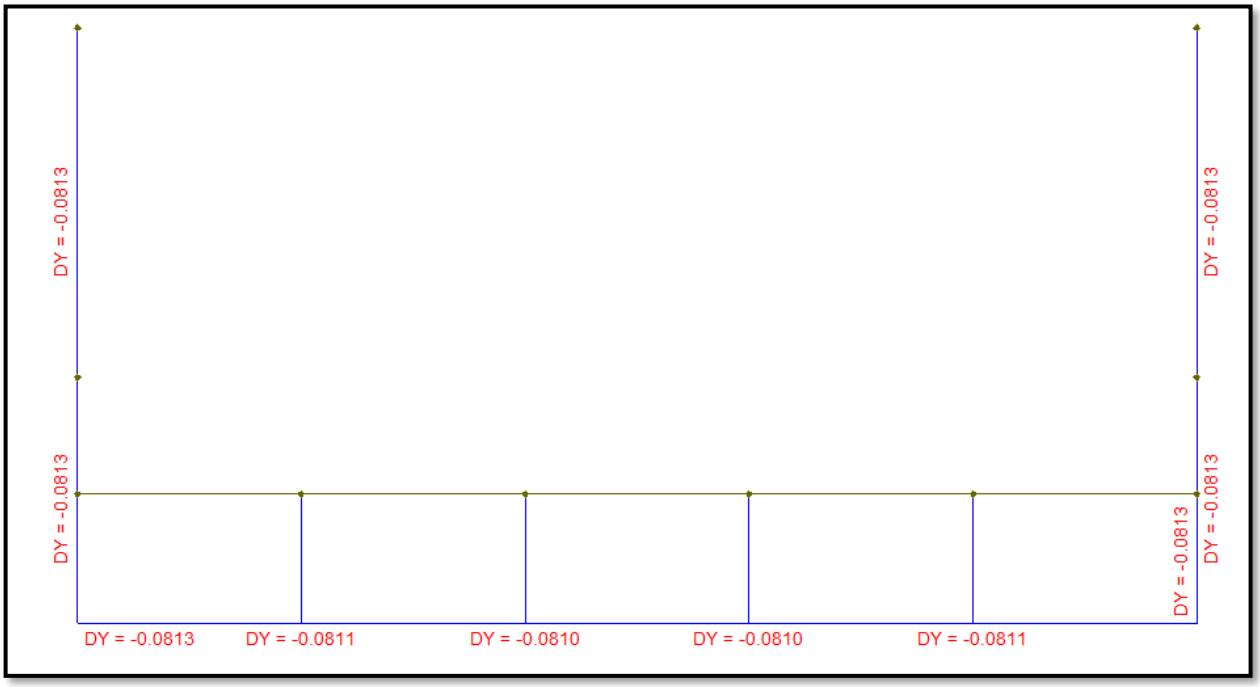
Reação máxima = 230 kgf

Tensão máxima = 230 / (19,2 x 100) = 0,12 kgf/cm²

- Deformações:



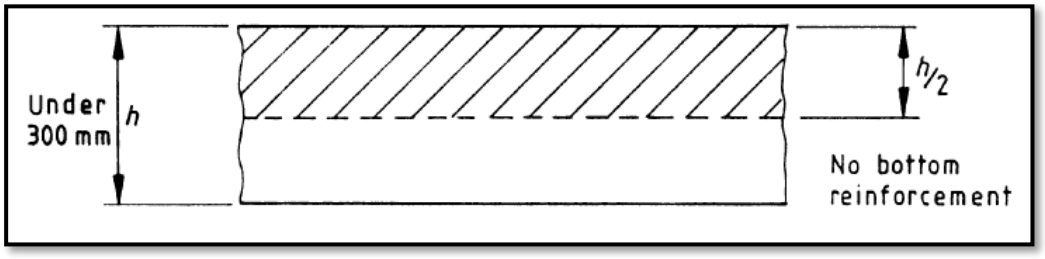
Deformação máxima horizontal = 0,001 cm
Deformação horizontal limite = 60/150 = 0,40 cm



Deformação máxima vertical = 0,09 cm

16.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm < h → hsup=h/2 – Conforme BS 8007:1987 (Design of concrete structures for retainingaqueous liquids)



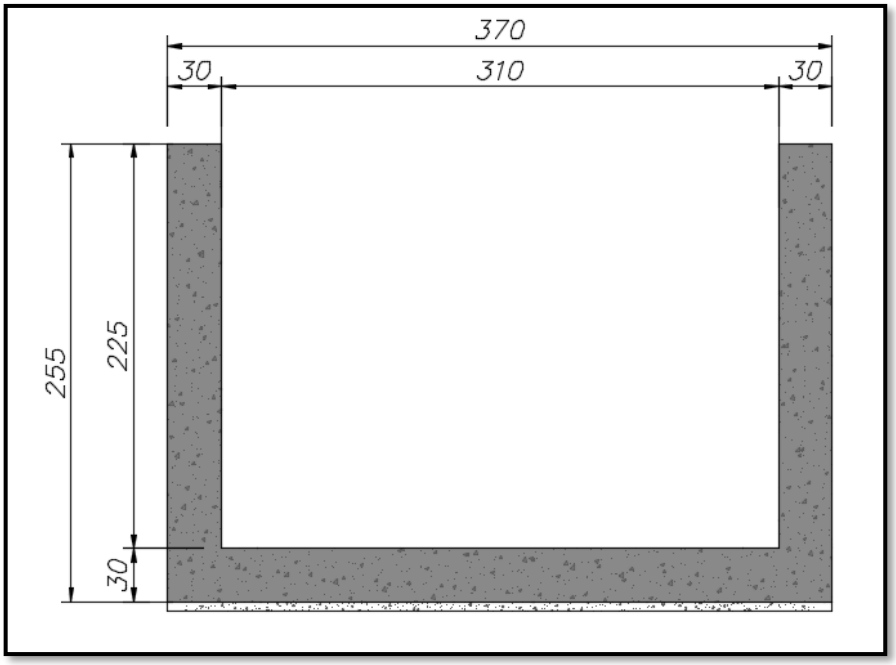
Para h = 20cm → hsup= 20/2 = 10cm
Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item 17.3.5.2.2:

$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
As = 0,8 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (10 cm x 100 cm) / 4000 kgf/cm² =
As = 4,8 cm² - ø 8 c/10

16.5 RESUMO

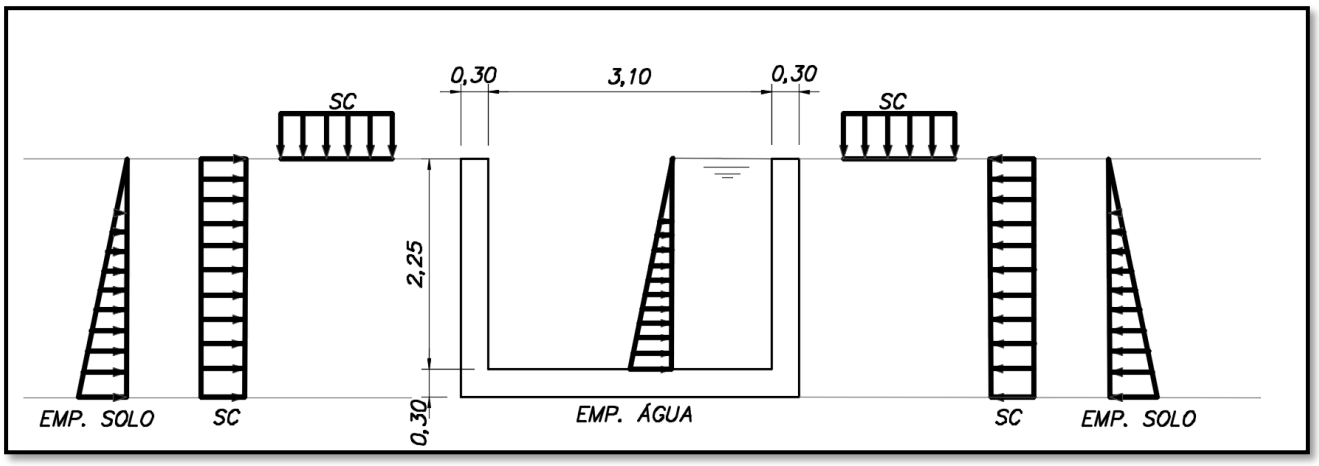
- Parede e fundo com espessura de 20 cm
- Armação transversal da parede e laje de fundo: ø 8 c/10
- Armação longitudinal da parede e laje de fundo: ø 8 c/10

17.0 DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO PRINCIPAL



17.1 CARREGAMENTO

- Sobrecarga de 1,0 tf/m²
- Empuxo do solo
- Empuxo de água



Empuxo do Solo = γ x h x Ka = 1,7 x 2,40 x 0,780 = 3,18 tf/m²
Sobrecarga = sc x Ka = 1,0 x 0,780 = 0,780 tf/m²

Empuxo da Água = γ x h = 1,0 x 2,25 = 2,25 tf/m²
Peso próprio das paredes = 2,5 x 0,30 x 2,40 = 1,80 tf/m
Peso próprio da laje de fundo = 2,5 x 0,30 = 0,75 tf/m²

Para a determinação da capacidade de suporte do solo, foi utilizado os valores sugeridos na tabela apresentada em publicação do IBTS, Pisos Industriais em Concreto Armado, ilustrada abaixo.

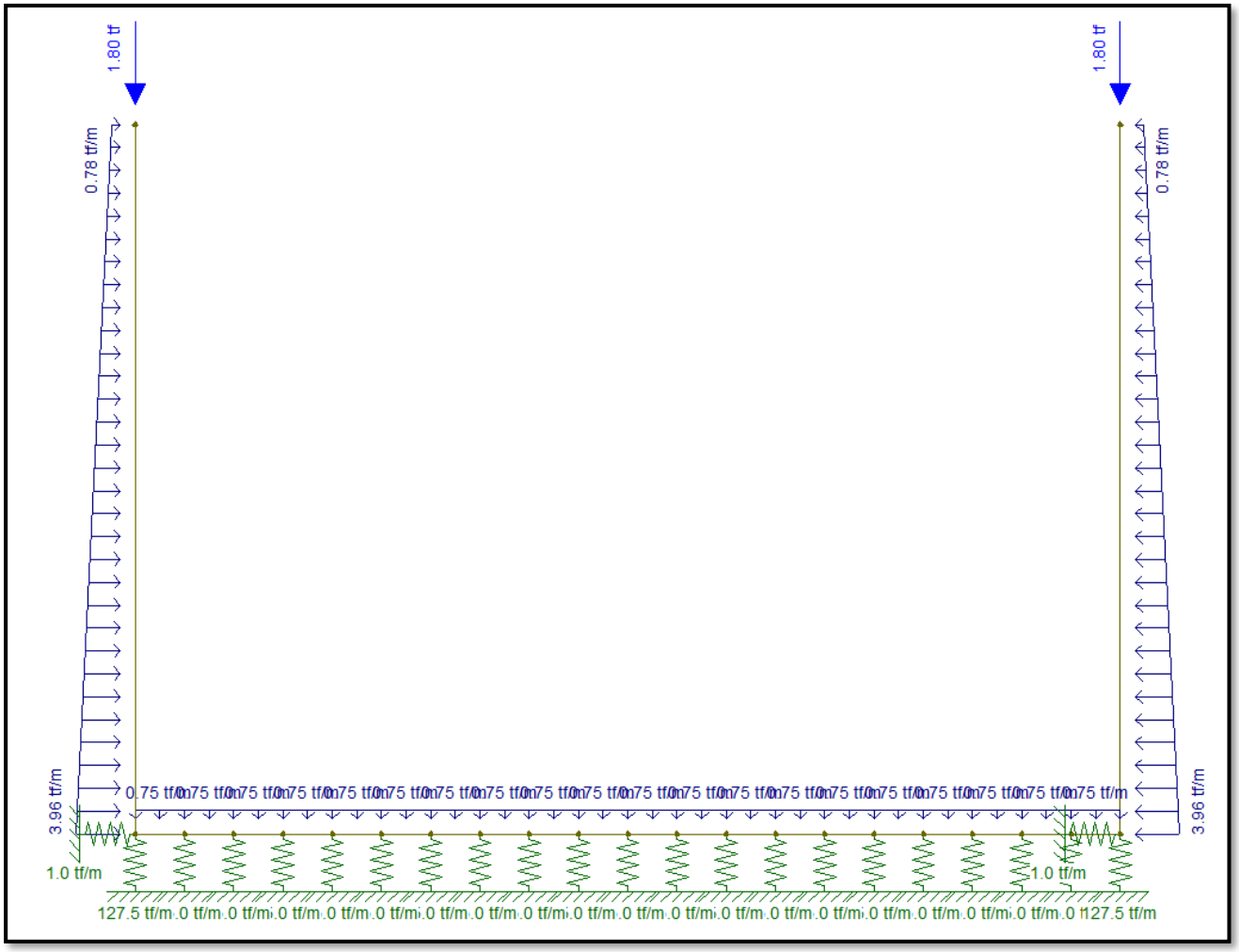
Tipo de solo	Resistência do solo	CBR (%)	k_r(MPa/m)
Siltes e argilas de alta compressibilidade e densidade natural	Baixa	<2	15
Siltes e argilas de alta compressibilidade , compactados. Siltes e argilas de baixa compressibilidade, siltes e argilas arenosos, siltes e argilas pedregulhosos e areis de graduação pobre.	Média	3	25
Solos granulares, areias bem graduadas e misturas de areia–pedregulho relativamente livres de plásticos finos.	Alta	10	55

Considerou-se para o solo em questão o valor de$k_r = 15MPa/m$.
Para a distância entre nós de 17 cm temos:

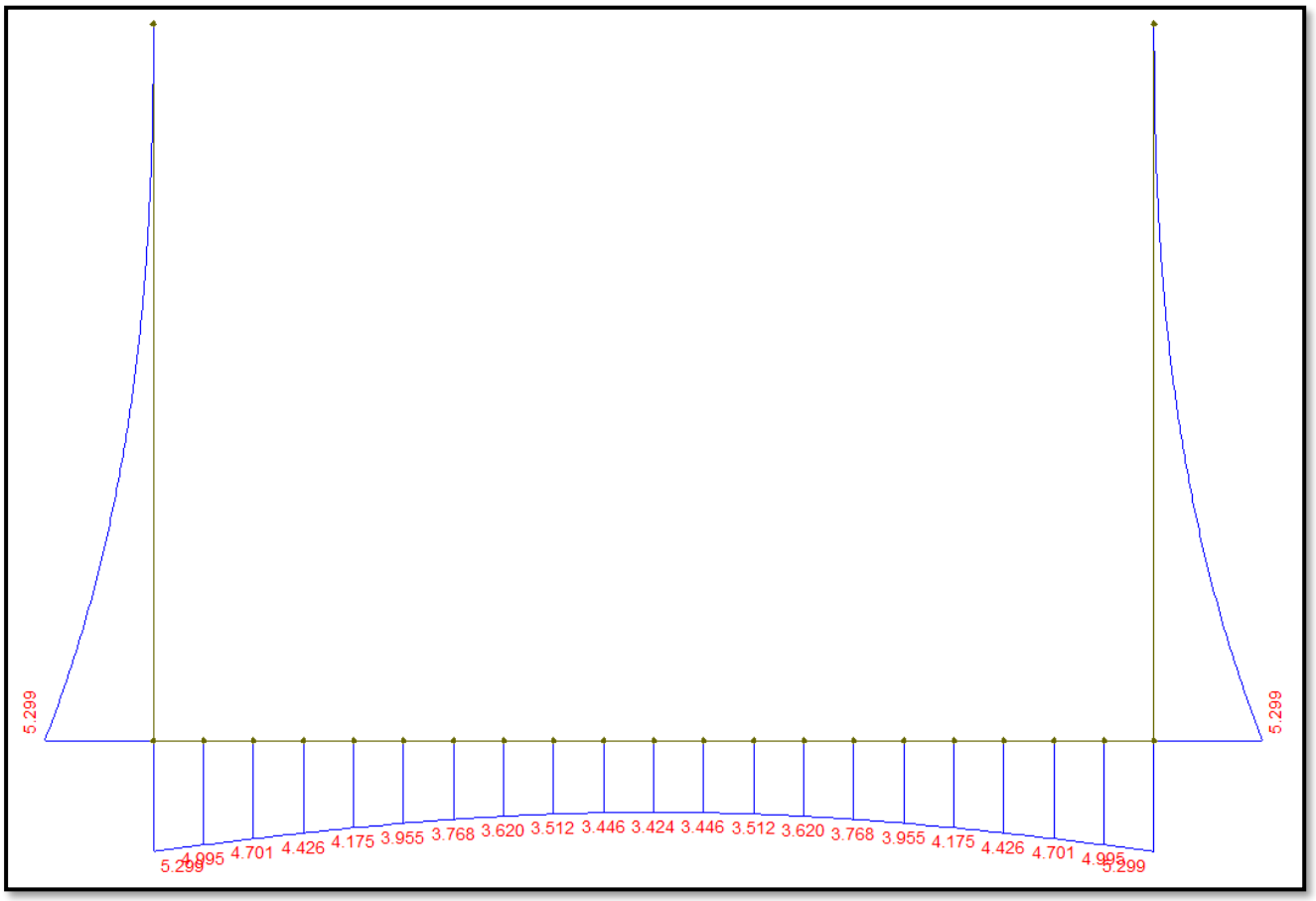
$$\frac{1500tf}{m^3} \text{x } 0{,}170\ m\ x\ 1{,}0m = 255\ tf/m$$

17.2 DIMENSIONAMENTO CANAL VAZIO

- Esforços


1.80 tf
1.80 tf
0.78 tf/m
0.78 tf/m
0.75 tf/m
3.96 tf/m
3.96 tf/m
1.0 tf/m
1.0 tf/m
127.5 tf/m
127.5 tf/m

- Diagrama de Momento Fletor



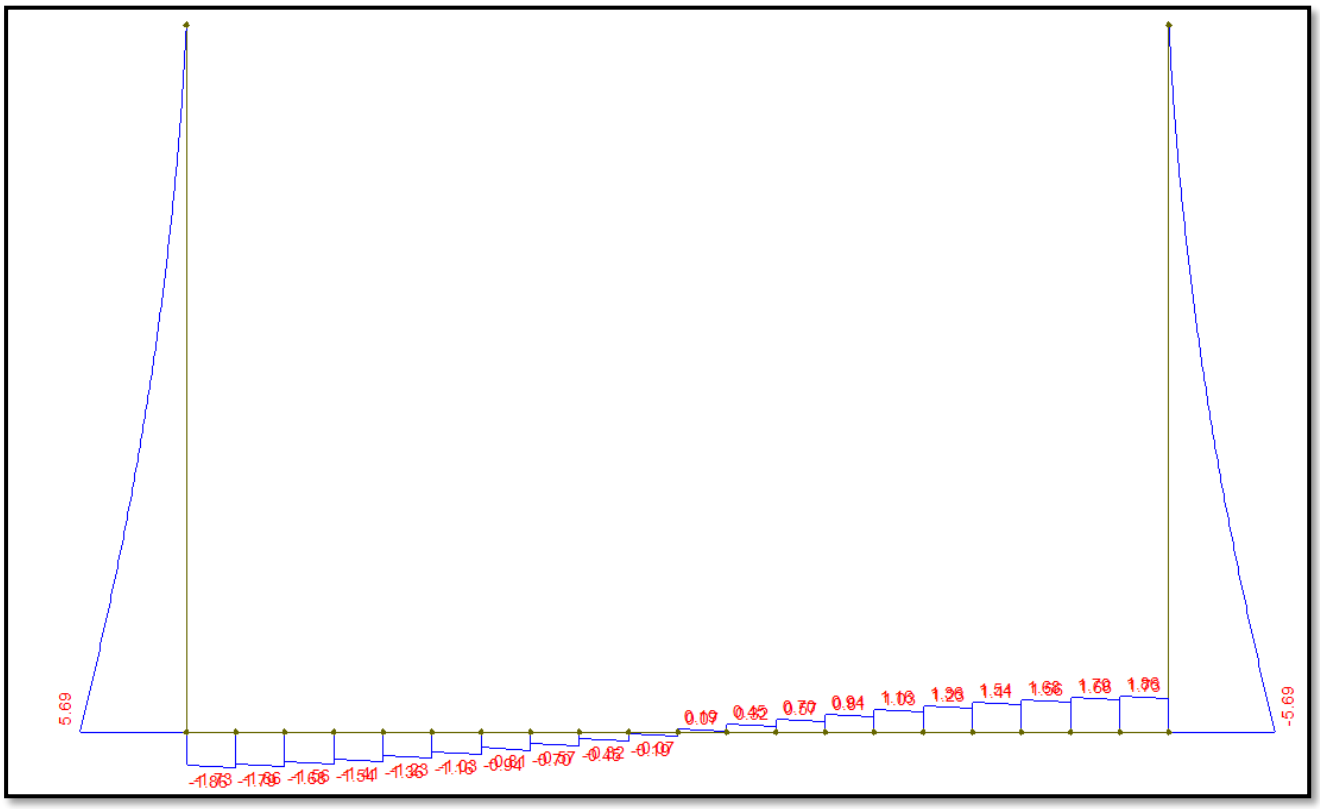
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

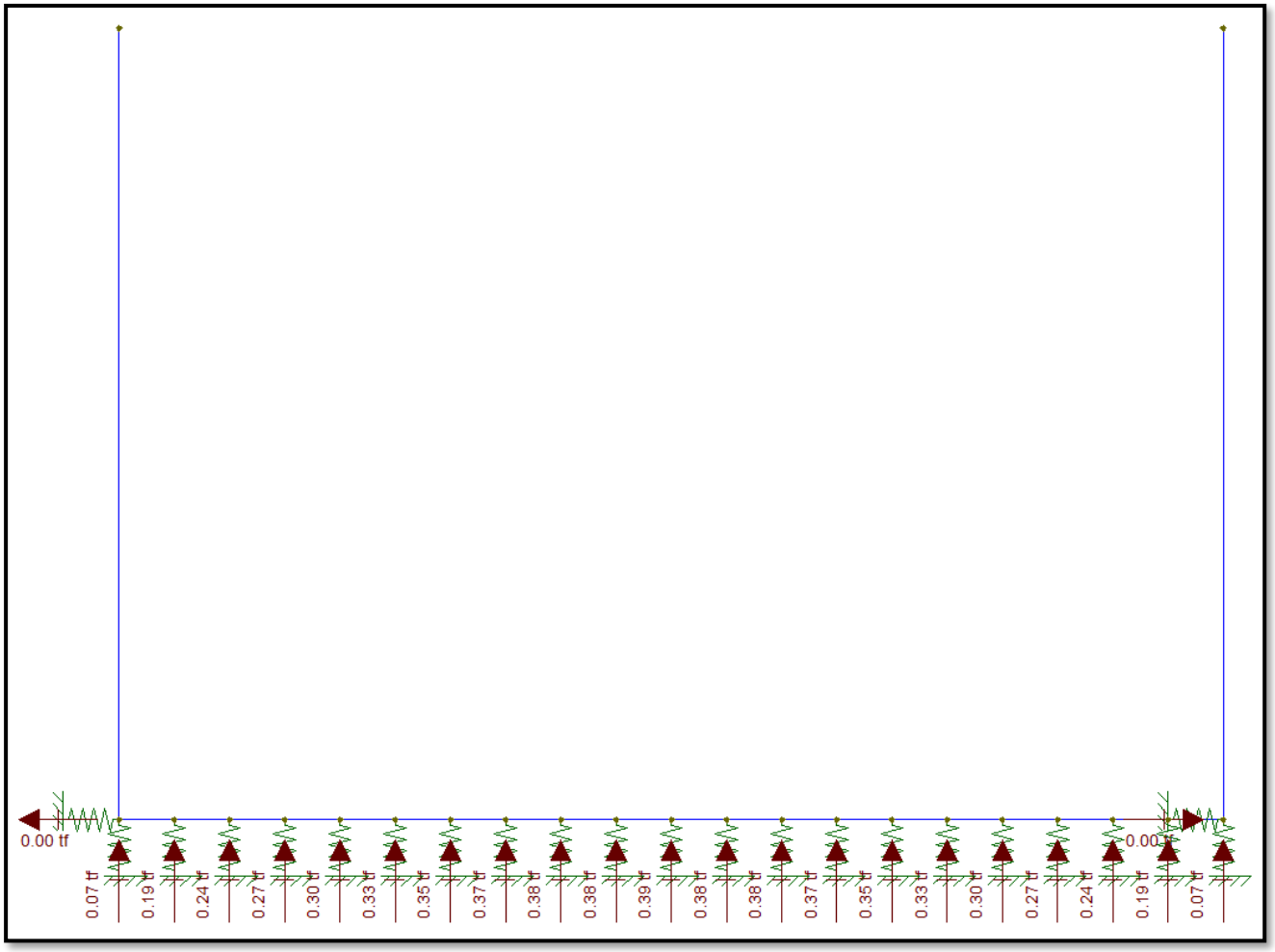
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	25	5299	50	0,00	7,06	7,06	0,169	10	11,1	ø 10,0 c/ 10,0

- Diagrama de Esforço Cortante



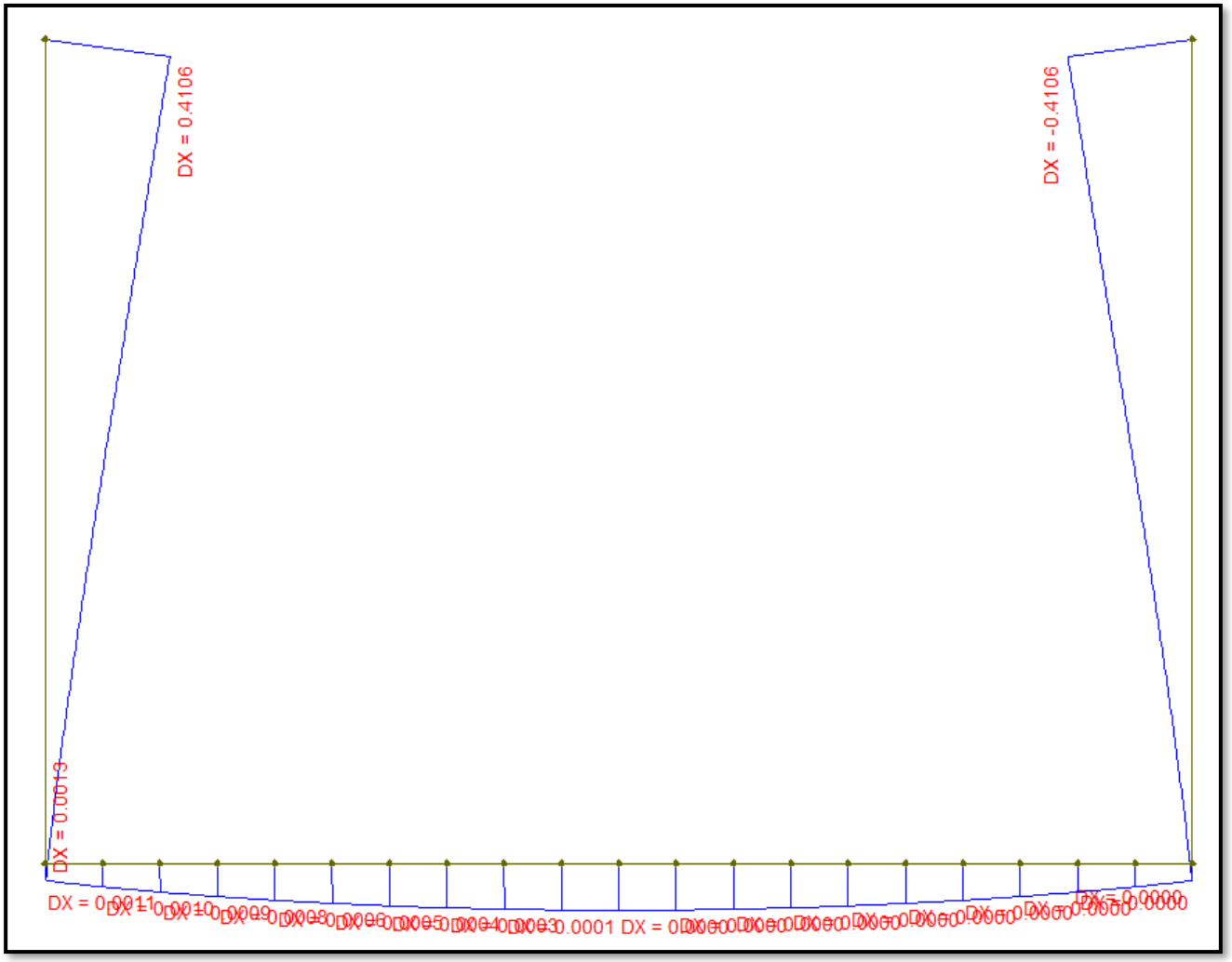
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	MEDIDOR		
	CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		56,9	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,300	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,250	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		389	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	146,63	kN
V_d	$V * \gamma_f$	79,66	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

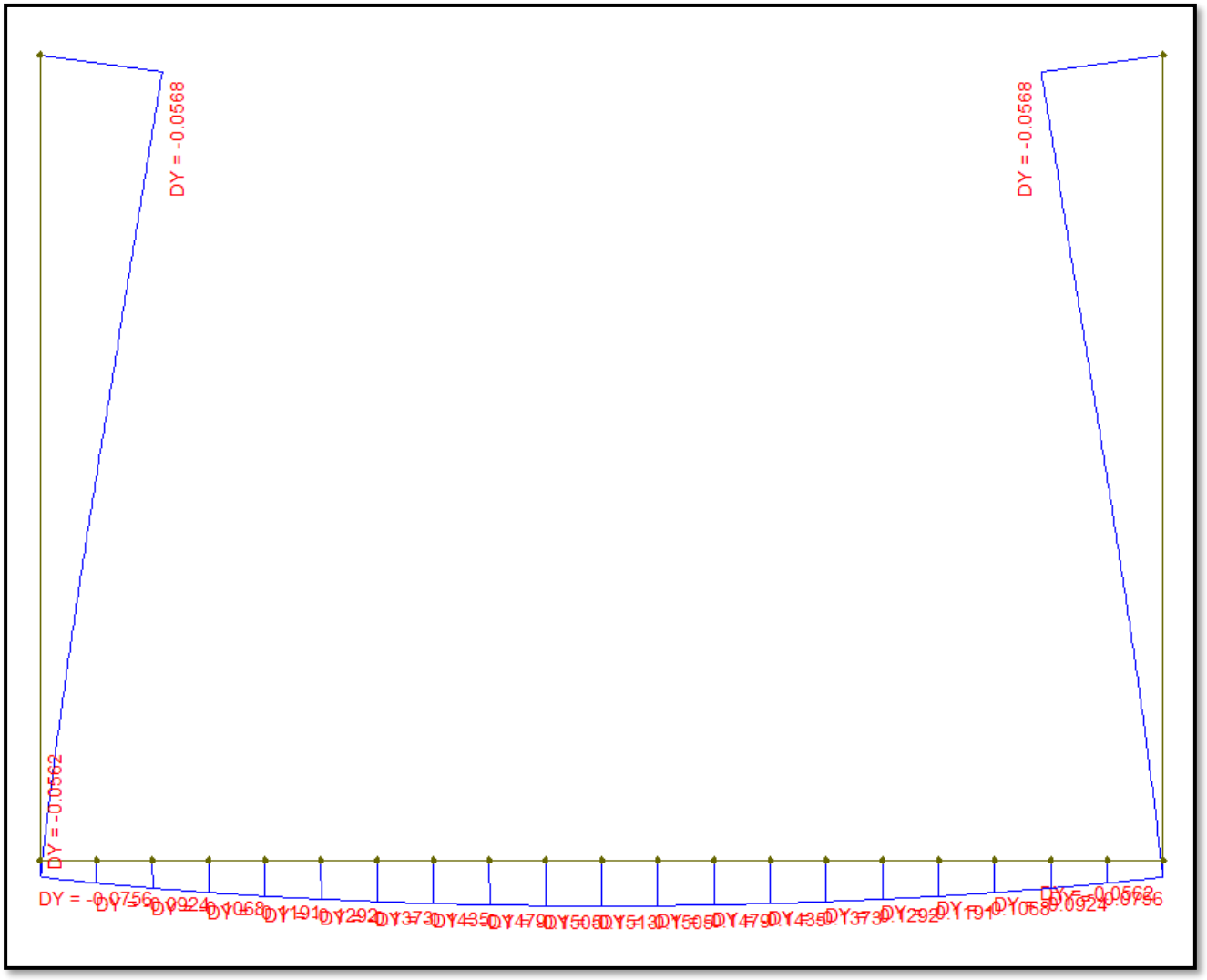


Reação máxima = 390 kgf
Tensão máxima = 390 / (17 x 100) = 0,23 kgf/cm²

- Deformações:



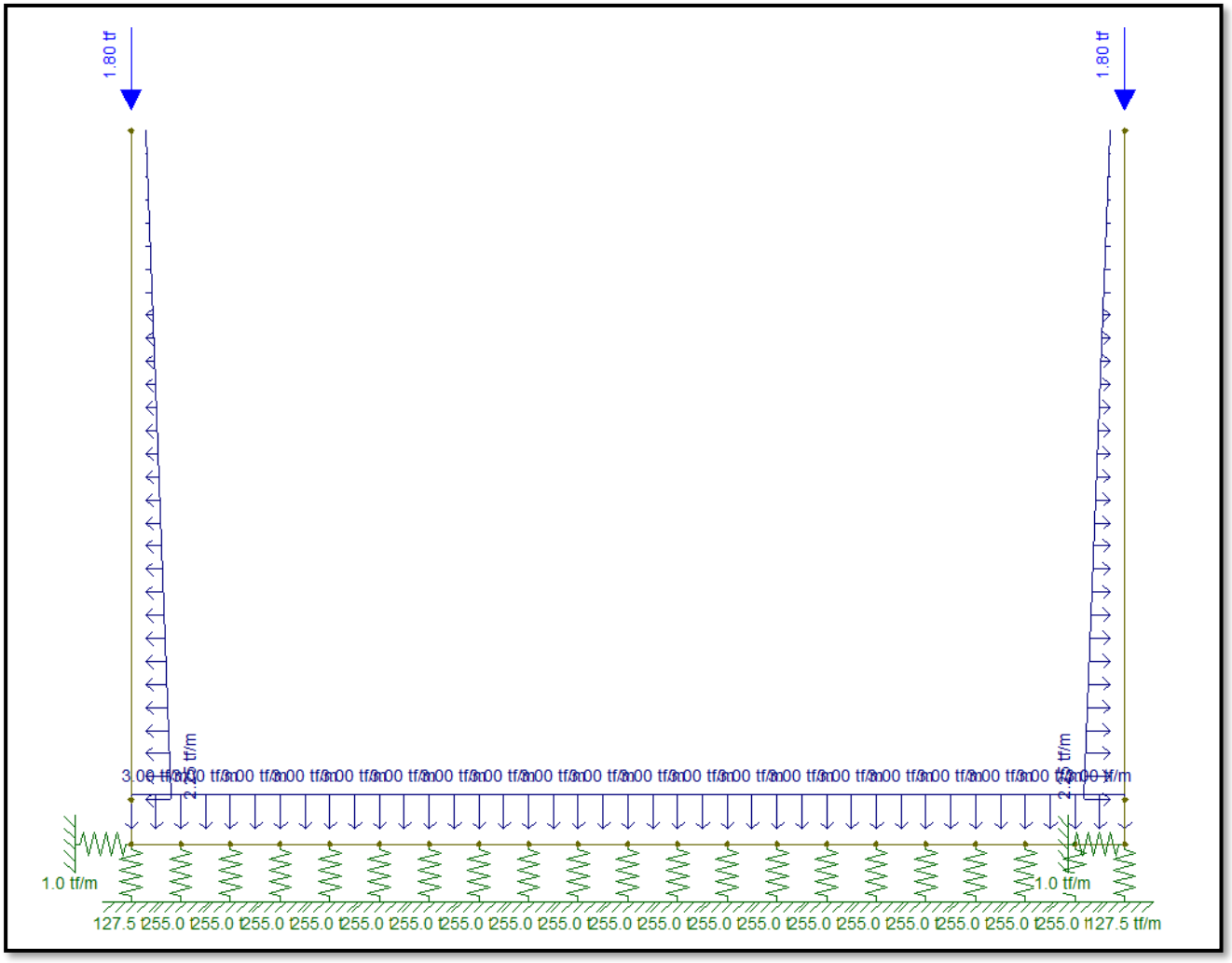
Deformação máxima horizontal = 0,41 cm
Deformação horizontal limite = 240/150 = 1,60 cm



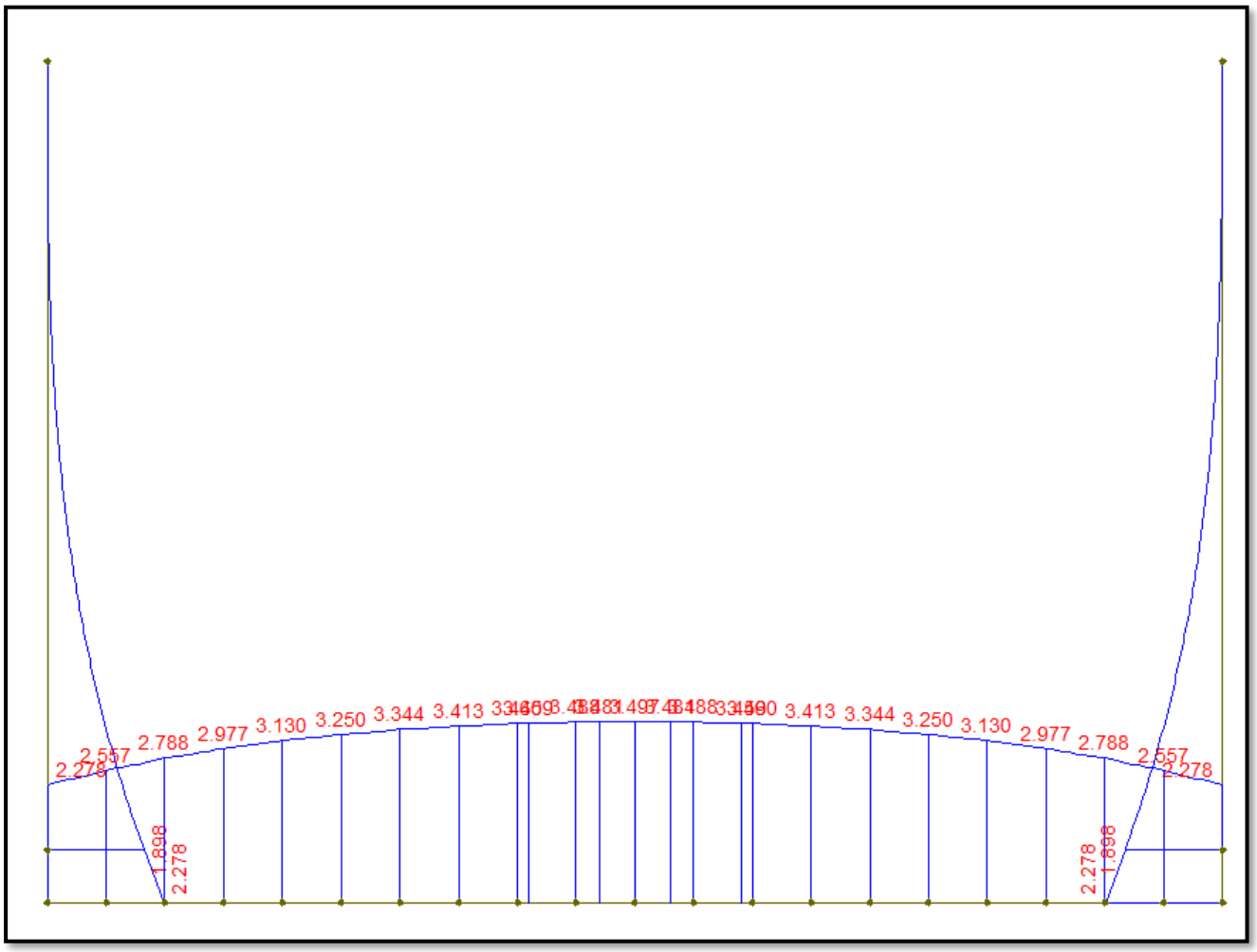
Deformação máxima vertical = 0,152 cm

17.3 DIMENSIONAMENTO CANAL CHEIO

- Esforços


1.80 tf
1.80 tf
tf/m
tf/m
1.0 tf/m
1.0 tf/m
127.5 255.0 255.0 255.0

- Diagrama de Momento Fletor



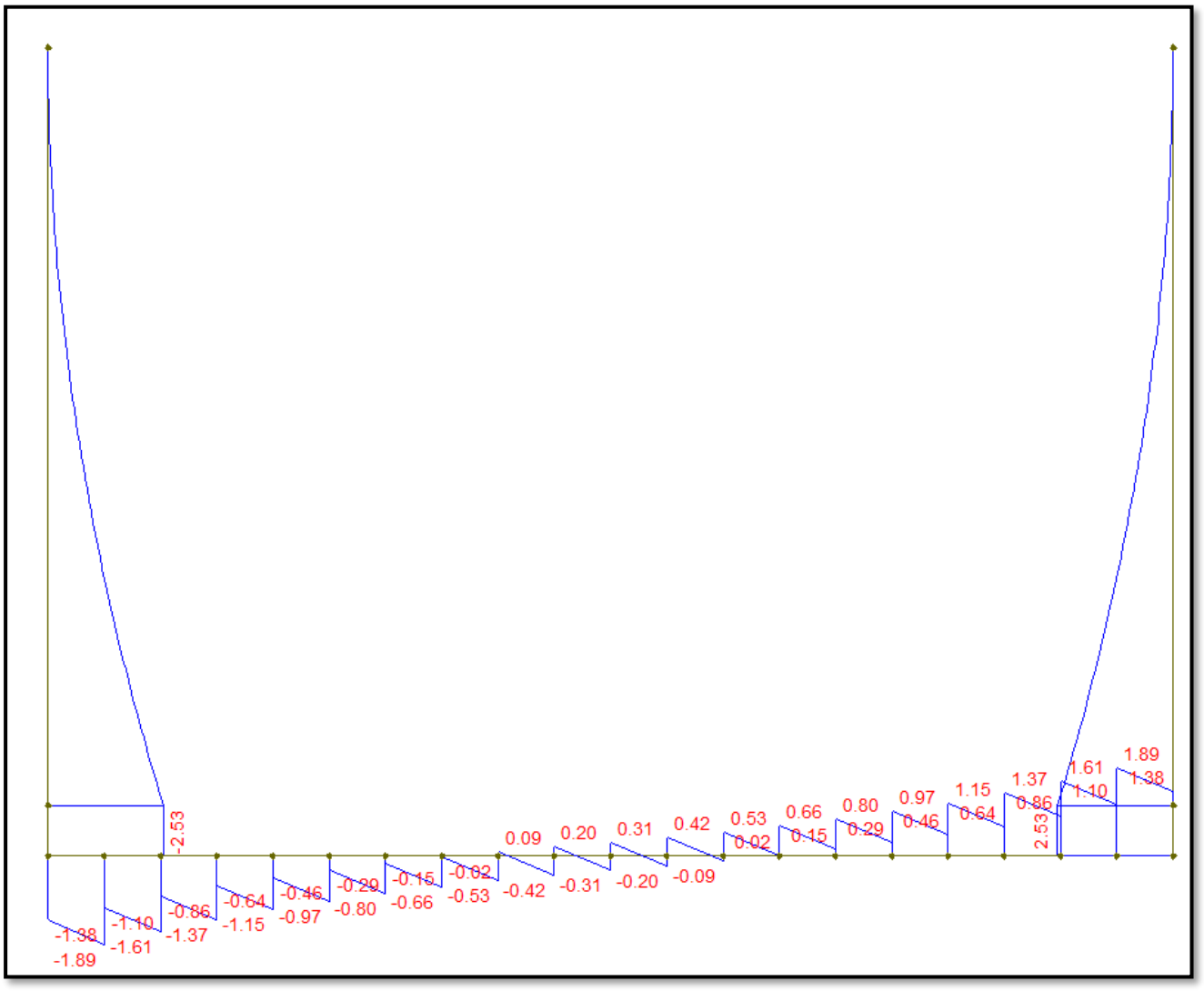
f_{ck}(Mpa)= 30 d' (cm)= 5 Usar As_{min} de Norma? s

w_k= 0,2 mm Espaçamento máximo = 20 cm

Posição limite da linha neutra x/d = 0,45

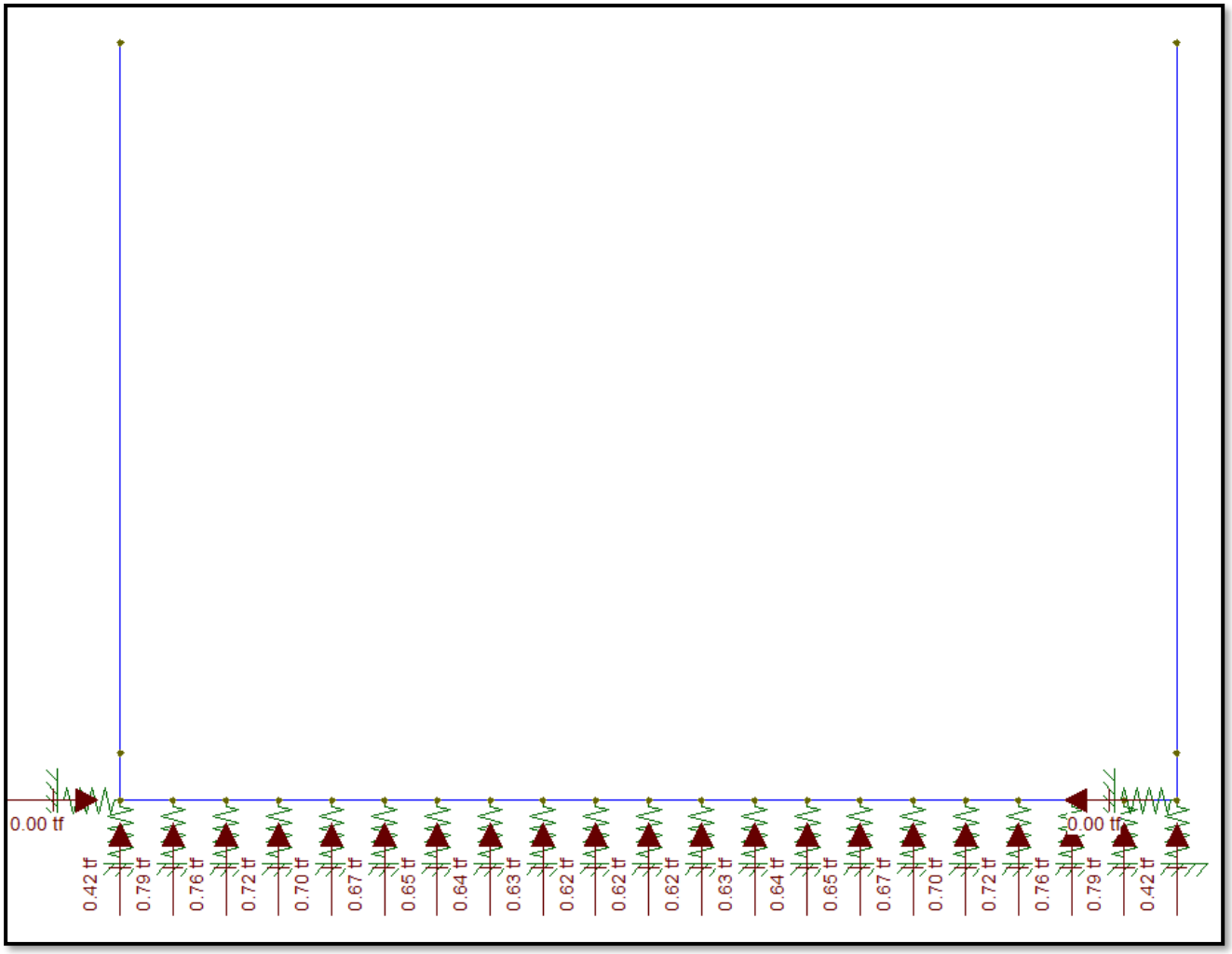
LAJE		Balanço (S ou N)	h (cm)	d (cm)	M (Kgf*m)	f_{yk}(KN/cm²)	As' (cm²)	As (cm²)	As_{fiss} (cm²)	W_{final} (mm)	ø (mm)	esp. (cm)	Detalham.
L1	Horizontal	N	30	25	3497	50	0,00	4,61	4,61	0,162	10	17,1	ø 10,0 c/ 15,0

- Diagrama de Esforço Cortante



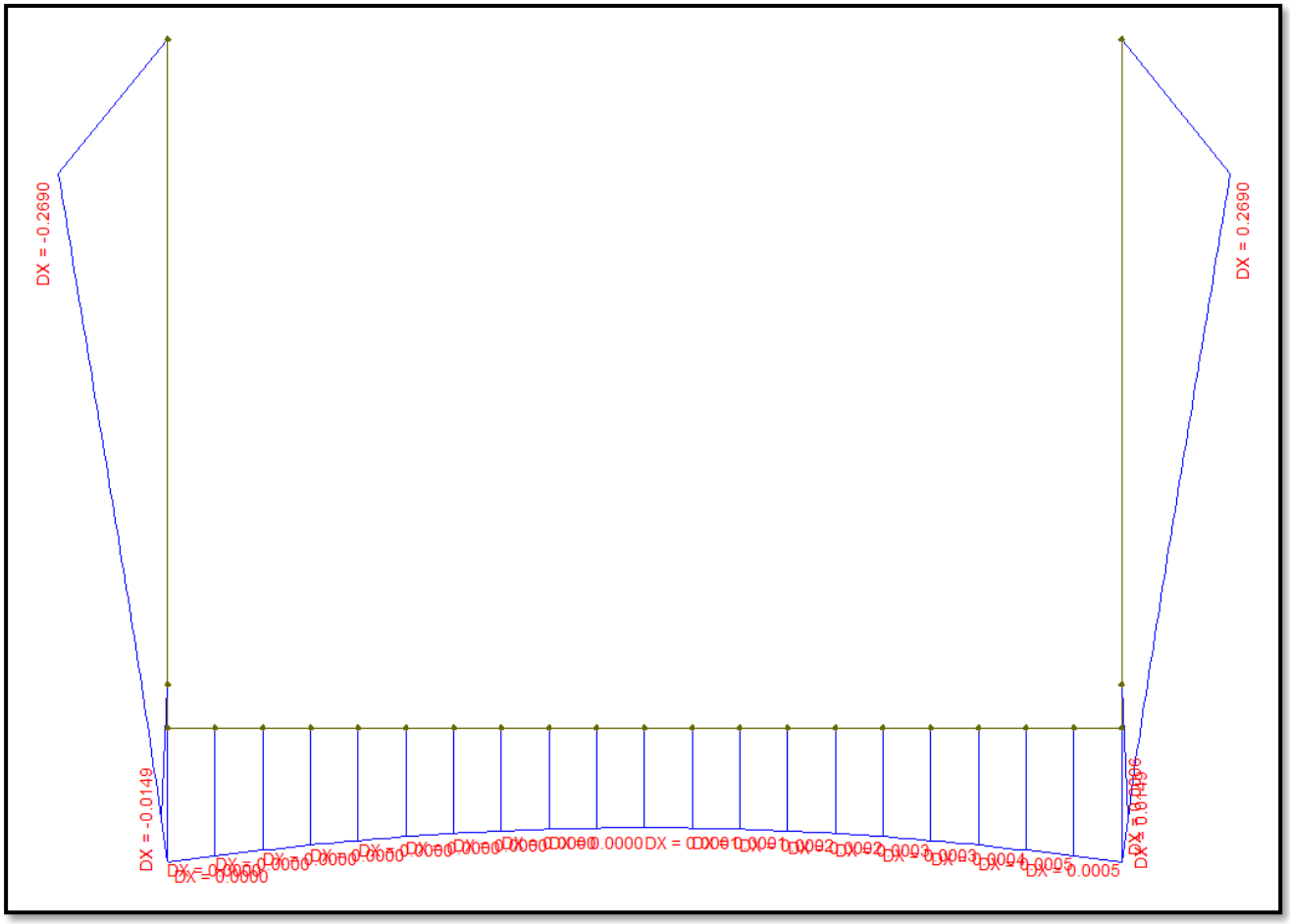
Planilha para Dimensionamento de Seções ao Cisalhamento			
Descrição Geral:	MEDIDOR CORTANTE		
Dados			
Força Cortante Reduzida (V)		25,3	kN
Força de Compressão (Nc)		0,0	kN
Força de Protensão (Np)		0,0	kN
Ns = Nc + Np		0,0	kN
Base da Seção de Concreto (b_w ou b_f)		1,000	m
Altura da Seção de Concreto (h)		0,300	m
Cobrimento (d')		0,050	m
Área de armação longitudinal (A_s)		0,00	cm^2
Área de concreto (A_c)		0,250	m^2
Seção transversal totalmente tracionada?		NÃO	
Resistência nominal do concreto (f_{ck})		30,00	MPa
Resistência de cálculo (f_{ywd})- Item 19.4.2		389	MPa
Coeficiente de minoração da resistência (γ_c)		1,4	
Coeficiente de majoração de carga (γ_f)		1,4	
Modelo I (NBR 6118/2003: 19.4.1)			
Fases			
f_{ctd}	$(0,7 * 0,3 * f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c$	1,45	MPa
k	Valor absoluto de: 1,6 - d	1,35	m
ρ	$A_s / (b_w * d)$	0,0000	
σ_{cp}	$N_s * \gamma_f / (b_w * h)$	0,00	MPa
V_{Rd1}	$[0,25*f_{ctd}*k*(1,2+40*\rho)+0,15*\sigma_{cp}]*b_w*d$	146,63	kN
V_d	$V * \gamma_f$	35,42	kN
Não é necessário armar: Vd < VRd1			
Verificação da Diagonal Comprimida			
α_{v1}	$0,7 - f_{ck} / 200$	0,500	
V_{Rd2}	$0,5 * \alpha_{V1} * f_{cd} * b_w * d * 0,9$	1205,36	kN
Vd < VRd2 - OK!			

- Reações:

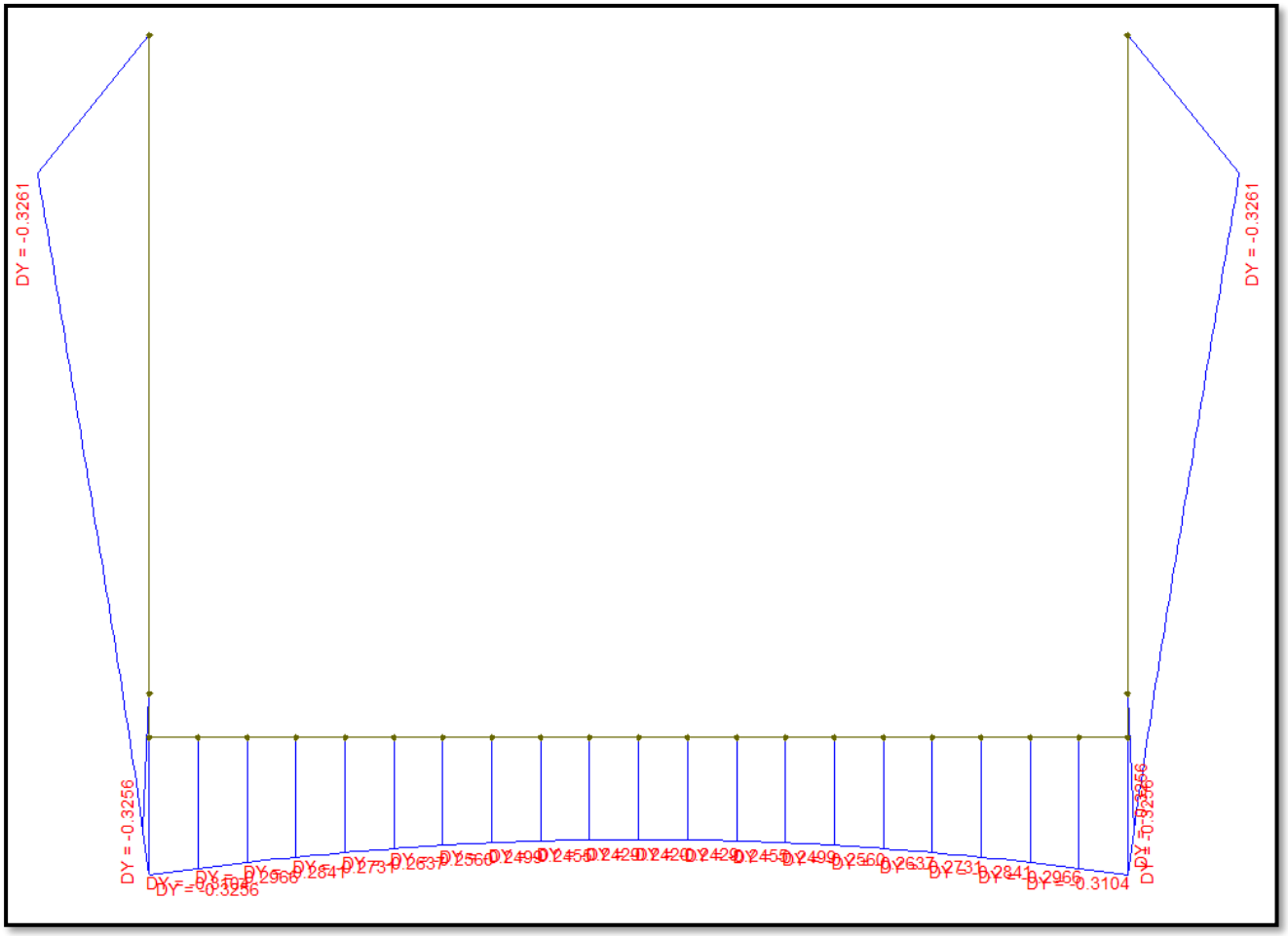


Reação máxima = 790 kgf
Tensão máxima = 790 / (17 x 100) = 0,47 kgf/cm²

- Deformações:



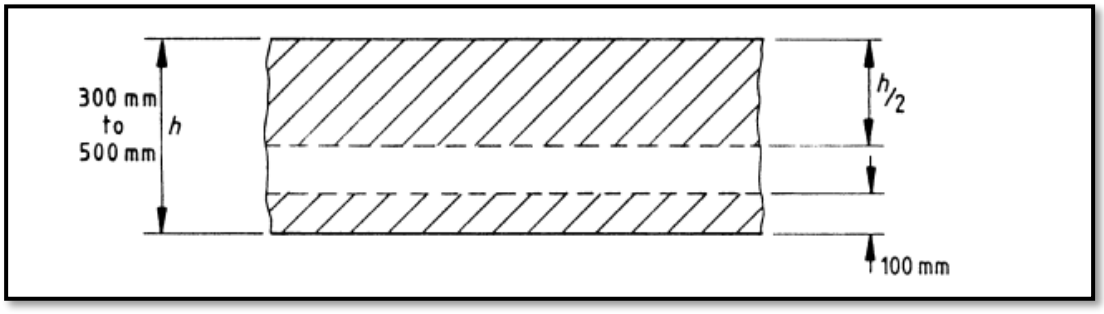
Deformação máxima horizontal = 0,269 cm
Deformação horizontal limite = 240/150 = 1,60 cm



Deformação máxima vertical = 0,33 cm

17.4 CONTROLE DE FISSURAÇÃO DEVIDO A RETRAÇÃO

Para 30cm≤ h ≤ 50cm →hsup=h/2 e hinf=10cm – Conforme BS 8007:1987 (Design of concret estructures for retaining aqueous liquids)



Para h = 30cm → hsup= 30/2 = 15cm e hinf=10cm

Para as paredes e laje de fundo, por razões de estanqueidade, a armadura mínima de tração para controle da fissuração deverá ser calculada da seguinte forma, segundo a norma NBR 6118, item17.3.5.2.2:

$A_s = k\ k_c f_{ct,ef}\ A_{ct} / \sigma_s$
As = 0,8 x 0,8 x 30 kgf/cm² x (15 cm x 100 cm) / 3600 kgf/cm² =
As = 8 cm² - ø 10 c/9

17.5 RESUMO

- Parede e fundo com espessura de 30 cm
- Armação transversal externa e interna das paredes e lajes= ø 10 c/9
- Armação longitudinal das paredes e lajes = ø 10 c/9

18.0 DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE LAMAS

Para o dimensionamento do canal de lamas, ver documento DF19-263-1-CV-MEC-0002.

19.0 ANEXO - DIMENSIONAMENTO GRADE

Selmec® REFERÊNCIA DE QUALIDADE

Certificado NBR ISO 9001 BRTÜV

N/Ref.: SV. E. – 4833/20 30/09/2020

Para:

AC ENGENHARIA

Tel.: (31) 3213-2637

E-mail: gabriela.leite@acengenharia.eng.br

Att. *Sra. Gabriela*

50 ANOS Selmec®

REF: GRADES DE PISO

Em atenção a sua solicitação de preços, apresentamos abaixo nossas condições para o fornecimento de:

GRADES DE PISO TIPO SELMEC COM FACE SUPERIOR LISA						
TIPO DA GRADE	MALHA (mm)			BARRA PRINC. (mm)	BARRA SEC. (mm)	MATERIAL	ACABAMENTO
GS-C4-48	35	x	100	38 x 8	12,7 x 12,7	ASTM A36	Galv. 60µ média

ITEM	QTDE (PÇ)	LARG. (mm)	COMP. (mm)	V. UNIT. (R$)
01	1	1300	1000	1.678,88

Total R$ 1.678,88 + 5% IPI

NOTAS GERAIS:

01- Em havendo atrasos nos pagamentos de duplicatas, o comprador responderá pelas taxas e encargos financeiros vigentes a este período. Pagamento este a ser feito contra a apresentação da respectiva nota de débito.

02- Os produtos ofertados serão embalados conforme padrão SELMEC, visando o transporte rodoviário.

03- O(s) preço(s) é(são) válido(s) para a totalidade desta oferta.

04- É indispensável o n° desta proposta em seu eventual pedido.

05- O (s) preço (s) acima é (são) válido (s) para painel (is) retangular (es), sem recortes.

06- Estamos considerando a dimensão "V", distância entre os apoios, ou seja, comprimento das barras portantes, conforme determinação de V.Sas.

07- A grade oferta da foi dimensionada para passagem de veículos com peso máximo de 6.120kg/eixo com 02 rodas, para vão máximo de 1200mm.

Selmec Equipamentos para Processo Ltda.
Av. Presidente Costa e Silva, 405 – Bairro Micro Indústria – Diadema – SP – CEP 09961-400
Tel. (11) 4061-6100 e-mail: comercial@selmec.com.br site: www.selmec.com.br

Selmec REFERÊNCIA DE QUALIDADE

Certificado NBR ISO 9001 BRTÜV

CONDIÇÕES:

01- Impostos:	- IPI - 05% (A Incluir) - Class. Fiscal.: 7308.90.90 - ICMS - 12% (Incluso nos preços) Material destinado à REVENDA.
02- Prazo de entrega:	- 30 dias a contar do primeiro dia útil após a confirmação do pedido.
03- Pagamento:	- 21 d.d. liq., ou à vista com 05% de desconto. - Condição de pagamento vinculada a atualização da ficha cadastral.
04- Local de entrega:	- A retirar em nossa fábrica.
05- Validade:	- 10 dias.

Atenciosamente.

SELMEC EQUIPAMENTOS PARA PROCESSO LTDA.
ANTÔNIO VANDERLEI FERREIRA
(DIRETOR COMERCIAL)

Contato em Vendas:

Paulo Benatti / Diego Campos

Selmec Equipamentos para Processo Ltda.
Av. Presidente Costa e Silva, 405 – Bairro Micro Indústria – Diadema – SP – CEP 09961-400
Tel. (11) 4061-6100 e-mail: comercial@selmec.com.br site: www.selmec.com.br

20.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO		
Razão social:	DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS LTDA	http: www.dfmais.eng.br
CNPJ:	07.214.006/0001-00	
Belo Horizonte / MG - dfmais@dfmais.eng.br - Av. Barão Homem de Melo, 4554 - 5º Andar – 30.494-270 – Belo Horizonte - MG - Tel. 0 (**) 31 2519 1001		

EQUIPE TÉCNICA			
Nome	Sigla	Área de atuação	Responsabilidade no projeto
Thiago Oliveira	TO	Geotecnia	Coordenação
Gabriela Leite	GL	Concreto	Dimensionamento Estrutural/Elaboração do Documento
Iara Couto	IC	Concreto	Revisão

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**

PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO** **PLANILHA DE QUANTIDADES**	Nº Mosaic **-**	PÁGINA **1/2** 1/14
	Nº DF+ **DF19-263-1-EG-PLA-0002**	REV. **1**

REVISÕES

TE: TIPO EMISSÃO — A - PRELIMINAR; B - PARA APROVAÇÃO; C - PARA CONHECIMENTO; D - PARA COTAÇÃO; E - PARA CONSTRUÇÃO; F - CONFORME COMPRADO; G - CONFORME CONSTRUÍDO; H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
A	B	EMISSÃO INICIAL	LM/MJ	TO	TO	OM	07/10/20
0	C	ATENDIMENTO A COMENTÁRIOS E APROVAÇÃO	LM/MJ	TO	TO	OM	19/10/20
1	C	APROVADO - ATUALIZAÇÃO DE NUMERAÇÃO	LM/MJ	TO	TO	OM	22/10/20

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M	
PROJETO DETALHADO BARRAGENS ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO PLANILHA DE QUANTIDADES		Nº MOSAIC: -	PÁGINA 2/2
		Nº DF+ DF19-263-1-EG-PLA-0002	REV. 1

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
1	**INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE OBRAS / INSTALAÇÕES DEFINITIVAS**						
1.1	**INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE OBRAS / INSTALAÇÕES DEFINITIVAS**						
1.1.1	**MOBILIZAÇÃO**						
1.1.1.1	MOBILIZAÇÃO DE PESSOAL E EQUIPAMENTOS						
1.1.1.1.1	Mobilização de pessoal e equipamentos	vb	1,00	-		-	-
1.1.2	**CANTEIRO DE OBRAS**						
1..1.2.1	CONSTRUÇÃO DE CANTEIRO DE OBRAS						
1.2.1.1	Construção completa de canteiro de obras	vb	1,00	-		-	-
1..1.2.2	MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO						
1.2.2.1	Manutenção e operação de canteiro de obras	vb x mês	84,00	15	VER NOTA 1	-	-
1.1.3	**DESMOBILIZAÇÃO**						
1.1.3.1	DESMOBILIZAÇÃO DE PESSOAL E EQUIPAMENTOS						
1.1.3.1.1	Desmobilização de pessoal e equipamentos	vb	1,00	-		-	-
2	**INSTRUMENTAÇÃO**						
2.1	**INSTRUMENTAÇÃO**						
2.1.1	**INSTRUMENTAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS**						
2.1.1.1	MEDIDOR DE NÍVEL D' ÁGUA				VER NOTA 2		
2.1.1.1.1	Mobilização e desmobilização de equipamentos e pessoal	vb	1,00	-			
2.1.1.1.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.1.3	Readequação de Medidor de Nível d'Água (Instrumentos existentes)	un	14,00	-	VER NOTA 3		
2.1.1.1.4	Readequação de Medidor de Nível d'Água (Instrumentos existentes)	m	196,66	-	VER NOTA 3		
2.1.1.1.5	Instalação de novos Medidores de Nível d' Água	un	7,00	-	VER NOTA 4		
2.1.1.1.6	Instalação de novos Medidores de Nível d' Água	m	147,90	-	VER NOTA 4		
2.1.1.1.7	Remoção/obstrução de Medidor de Nível d'Água	un	1,00	-	VER NOTA 5		
2.1.1.1.8	Relatório técnico e desenhos de locação de Medidor de Nível d'Água	vb	1,00	-			
2.1.1.2	PIEZÔMETRO CASAGRANDE						
2.1.1.2.1	Mobilização e desmobilização de pessoal e equipamentos para instalação de Piezômetro de Tubo Aberto	vb	1,00	-			
2.1.1.2.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.2.3	Readequação de Piezômetro do Tipo Casagrande (Instrumentos existentes)	un	8,00	-	VER NOTA 6		
2.1.1.2.4	Readequação de Piezômetro do Tipo Casagrande (Instrumentos existentes)	m	141,52				
2.1.1.2.5	Instalação de Piezômetro do tipo Casagrande (Novos instrumentos)	un	6,00		VER NOTA 7		
2.1.1.2.6	Instalação de Piezômetro do tipo Casagrande (Novos instrumentos)	m	157,00		VER NOTA 7		

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**	
PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO** **PLANILHA DE QUANTIDADES**		Nº MOSAIC: **-**	PÁGINA **2/2**
		Nº DF+ **DF19-263-1-EG-PLA-0002**	REV. **1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
2.1.1.2.7	Remoção/obstrução de Piezômetro do tipo Casagrande	un	1,00	-	VER NOTA 8		
2.1.1.2.8	Relatório técnico e desenhos de locação de Piezômetro de Tubo Aberto	vb	1,00	-			
2.1.1.3	MEDIDOR DE VAZÃO						
2.1.1.3.1	Mobilização e desmobilização de pessoal e equipamentos para instalação de Medidor de Vazão	vb	1,00	-			
2.1.1.3.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.3.3	Demolição de Medidor de Vazão existente	un	2,00		VER NOTA 15		
2.1.1.3.4	Instalação de Medidor de Vazão	un	2,00	-			
2.1.1.3.5	Relatório técnico e desenhos de locação de Medidor de Vazão	vb	1,00	-			
2.1.1.4	MARCO SUPERFICIAL						
2.1.1.4.1	Mobilização e desmobilização de pessoal e equipamentos para instalação de Marco Superficial	vb	1,00	-			
2.1.1.4.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.4.3	Demolição de Marco superficial existente	un	8,00				
2.1.1.4.4	Instalação de Marco Superficial	un	12,00	-			
2.1.1.4.5	Relatório técnico e desenhos de locação de Marco Superficial	vb	1,00	-			
2.1.1.5	RÉGUA LINIMÉTRICA						
2.1.1.5.1	Mobilização e desmobilização de pessoal e equipamentos para instalação de régua linimétrica	vb	1,00	-			
2.1.1.5.2	Deslocamento e instalação de equipamentos e equipes para distâncias até 1000 m	un	1,00	-			
2.1.1.5.3	Remoção de régua linimétrica	un	1,00	-	VER NOTA 19		
2.1.1.5.4	Instalação de régua linimétrica	un	1,00	-			
2.1.1.5.5	Relatório técnico e desenhos de locação de régua linimétrica	vb	1,00	-			
3	**ACESSOS**						
3.1	**SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM**						
3.1.1	**LIMPEZA DO TERRENO**						
3.1.1.1	LIMPEZA DO TERRENO						
3.1.1.1.1	Supressão vegetal sem destocamento de vegetação com Ø =< 15cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000m - Ombreira Direita	m²	4.690,08	05			
3.1.1.1.2	Supressão vegetal sem destocamento de vegetação com Ø =< 15cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000m - Ombreira Esquerda	m²	2.792,41	05			
3.1.1.1.3	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de bota-espera - DMT até 1000m - Espessura de 30 cm.	m³	2.244,75	10			
3.1.2	**TERRAPLANAGEM**						

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**	
PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO** **PLANILHA DE QUANTIDADES**		Nº MOSAIC: **-**	PÁGINA **2/2**
		Nº DF+ **DF19-263-1-EG-PLA-0002**	REV. **1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
3.1.2.1	ESCAVAÇÃO, CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL						
3.1.2.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento - DMT até 1000 m - Ombreira Direita	m³	1.414,51	10			
3.1.2.1.2	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento - DMT até 1000 m - Ombreira Esquerda	m³	976,44	10			
3.1.2.1.3	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento - DMT até 1000 m - Ombreira Esquerda - Acessos às Bermas	m³	5.889,00	10			
3.1.2.2	COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
3.1.2.2.1	Compactação de aterro a 98% do Proctor Normal - Acesso Ombreira Direita	m³	406,04	10			
3.1.2.2.2	Compactação de aterro a 98% do Proctor Normal - Acesso Ombreira Esquerda	m³	3.689,13	10			
3.1.2.2.3	Compactação de aterro a 98% do Proctor Normal - Acesso Ombreira Esquerda - Acesso às Bermas	m³	600,50	10			
3.2	**DRENAGEM SUPERFICIAL**						
3.2.1	**SARJETAS E TRANSPOSIÇÕES**						
3.2.1.1	SARJETAS E TRANSPOSIÇÕES DE SEGMENTOS DE SARJETAS						
3.2.1.1.1	Sarjeta Triangular de Concreto - Padrão DNIT - STC03 - Ombreira Direita	m	415,92	05			
3.2.1.1.1	Sarjeta Triangular de Concreto - Padrão DNIT - STC02 - Ombreira Esquerda	m	483,20	05			
3.2.1.1.1	Sarjeta Triangular de Concreto - Padrão DNIT - STC02 - Ombreira Esquerda - Acessos às Bermas	m	856,83	05			
4	**MACIÇO DE MAGNETITA**						
4.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**						
4.1.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**						
4.1.1.1	SUPRESSÃO VEGETAL						
4.1.1.1.1	Área diretamente afetada - Maciço e Reservatório	m²	4.100.000,00	05			
4.1.1.1.2	Supressão vegetal com destocamento de vegetação com Ø =< 30 cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000 m - Maciço	m²	19.101,41	05			
4.1.1.1.3	Supressão vegetal com destocamento de vegetação com Ø =< 30 cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000 m - Reservatório	m²	150.898,59	10			
4.1.1.2	LIMPEZA DO TERRENO						
4.1.1.2.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de bota-espera - DMT até 1000m	m³	71.813,39	10	VER NOTA 18		
4.1.2	**DESMONTES, DEMOLIÇÕES E REMOÇÕES**						
4.1.2.1	DEMOLIÇÕES E DESMONTAGENS						
4.1.2.1.1	Demolição mecanizada de concreto simples (Marcos superficiais)	un.	8,00	-			

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**	
PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO** **PLANILHA DE QUANTIDADES**		Nº MOSAIC: **-**	PÁGINA **2/2**
		Nº DF+ **DF19-263-1-EG-PLA-0002**	REV. **1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
4.1.2.1.2	Demolição de canaletas de drenagem superficial existente na ombreira esquerda	un.	1,00	-			
4.1.2.1.3	Remoção/Demolição de bueiro existente na ombreira esquerda	un.	1,00	-			
4.1.2.2	ESTRUTURAS ESPECIAIS						
4.1.2.2.1	Realocação de Postes Elétricos ao longo do Maciço da estrutura	un.	1,00	-			
4.1.2.2.2	Realocação da Estação de Vídeo Monitoramento Existente	un.	1,00	-			
4.1.3	**SISTEMA DE BOMBEAMENTO - ESGOTAMENTO DA REGIÃO ENSECADA**						
4.1.3.1	BOMBEAMENTO						
4.1.3.1.1	Mobilização, Instalação e funcionamento e manutenção de conjuntos moto-bomba	vb	1,00	-			
4.1.3.2.1	Operação e manutenção de bomba	vbxmês	84,00	-	VER NOTA 10		
4.2	**DRENAGEM INTERNA**						
4.2.1	**PROLONGAMENTO DO DRENO DE PÉ**						
4.2.1.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
4.2.1.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de enrocamento	m³	39.773,00	05			
4.2.1.1.2	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (brita 3)	m³	5.251,00	05			
4.2.1.1.3	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (brita 0)	m³	5.251,00	05			
4.2.1.1.4	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (Areia grossa lavada)	m³	5.251,00	05			
4.2.2	**TAPETE DRENANTE - TERRENO NATURAL**						
4.2.2.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
4.2.2.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de areia grossa	m³	15.715,00	05			
4.2.2.1.2	Fornecimento, espalhamento e adensamento de areia fina a média (h=30cm)	m³	1.361,00	05			
4.2.2.1.3	Fornecimento, espalhamento e adensamento de areia fina a média (h=50cm)	m³	8.980,00	05			
4.2.3	**TAPETE DRENANTE - TAMPONAMENTO EXTRAVASOR ATUAL**						
4.2.3.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
4.2.3.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de enrocamento	m³	11,00	05			
4.2.3.1.2	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (brita 3)	m³	1,22	05			
4.2.3.1.3	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (brita 0)	m³	97,15	05			
4.2.3.1.4	Fornecimento, espalhamento e adensamento de transição (Areia média lavada)	m³	595,27	05			
4.3	**MACIÇO**				**VER NOTA 11**		
4.3.1	**MACIÇO DE MAGNETITA**						

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC:	PÁGINA
-	2/2
Nº DF+	**REV.**
DF19-263-1-EG-PLA-0002	**1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
4.3.1.1	LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO DE REJEITO DE MAGNETITA						
4.3.1.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento de rejeito de magnetita - DMT até 1000 m	m³	1261332,50	05	VER NOTA 20		
4.3.1.2	COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
4.3.1.2.1	Compactação de aterro a 100% do Proctor Normal (Rejeito de Magnetita)	m³	1261332,50	05	VER NOTA 20		
4.3.2	**ATERRO DO EXTRAVASOR**						
4.3.2.1	LANÇAMENTO E ESPALHAMENTO DE REJEITO DE MAGNETITA						
4.3.2.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento de argila compactada - DMT até 1000 m	m³	4.931,33	05	VER NOTA 20		
4.3.2.2	COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
4.3.2.2.1	Compactação de aterro a 100% do Proctor Normal (Aterro Compactado)	m³	4.931,33	05	VER NOTA 20		
4.5	**DRENAGEM SUPERFICIAL**						
4.5.1	**CANALETAS DE BERMA**						
4.5.1.1	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - CANALETAS DE BERMA						
4.5.1.1.1	Escavação manual de cavas ou valas, material de 1ª categoria - profundidade até 1,5m	m³	381,915	05			
4.5.1.2	BOTA-FORA DE MATERIAL EXCEDENTE - USO GERAL						
4.5.1.2.1	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em bota-fora - DMT até 1000m - uso geral	m³	381,915	05			
4.5.1.3	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
4.5.1.3.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	3.718,00				
4.5.1.4	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
4.5.1.4.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	80,00				
4.5.1.4.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	584,00				
4.5.1.5	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
4.5.1.5.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	71,00				
4.5.1.6	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
4.5.1.6.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	869,00				

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC:	PÁGINA
-	2/2
Nº DF+	**REV.**
DF19-263-1-EG-PLA-0002	**1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
4.5.1.7	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
4.5.1.7.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	63.085,00				
4.5.2	**CANAIS DE OMBREIRA**						
4.5.1.1	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA						
4.5.1.1.1	Escavação manual e/ou mecanizada, material de 1ª categoria - profundidade até 1,5m - (Canal de Ombreira Direita 01)	m³	548,00	05			
4.5.1.1.2	Escavação manual e/ou mecanizada, material de 1ª categoria - profundidade até 1,5m - (Canal de Ombreira Direita 02)	m³	964,00	05			
4.5.1.1.3	Escavação manual e/ou mecanizada, material de 1ª categoria - profundidade até 1,5m - (Canal de Ombreira Esquerda)	m³	1.255,00	05			
4.5.1.2	BOTA-FORA DE MATERIAL EXCEDENTE - USO GERAL						
4.5.1.2.1	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em bota-fora - DMT até 1000m - canal de ombreira direita 01	m³	548,00	05			
4.5.1.2.2	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em bota-fora - DMT até 1000m - canal de ombreira direita 02	m³	964,00	05			
4.5.1.2.3	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em bota-fora - DMT até 1000m - canal de ombreira esquerda	m³	1.255,00	05			
4.5.1.3	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
4.5.1.3.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	5.089,00	05			
4.5.3.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
4.5.3.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	75,00	05			
4.5.3.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	752,00	05			
4.5.3.3	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
4.5.3.3.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	266,00	05			
4.5.3.4	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
4.5.3.4.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	1.652,00	05			

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**	
PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO** **PLANILHA DE QUANTIDADES**		Nº MOSAIC: **-**	PÁGINA **2/2**
		Nº DF+ **DF19-263-1-EG-PLA-0002**	REV. **1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
4.5.3.5	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
4.5.3.5.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	73.943,00	05			
4.5.2	**ESTRUTURA EM AÇO**						
4.5.3.6	ESTRUTURA EM AÇO - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
4.5.3.6.1	Cantoneira Metálica L 4"x4" #6,35 mm	kg	824,00	05			
4.5.3.7.1	Grade tipo SELMEC modelo GS-C4-48 ou Similar	m²	52,00	05			
4.5.3	**SARJETAS - PADRÃO DNIT**				**VER NOTA 12**		
4.5.3.1	SARJETAS E TRANSPOSIÇÕES DE SEGMENTOS DE SARJETAS						
4.5.3.1.1	Sarjeta Triangular de Concreto - Padrão DNIT STC-03	m	1.010,15	05			
4.6	**SERVIÇOS COMPLEMENTARES**						
4.6.1	**PAISAGISMO E AJARDINAMENTO - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO - TOPSOIL**						
4.6.1.1	ESCAVAÇÃO, CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL						
4.6.1.1.1	Lançamento e espalhamento de camada de "top soil", espesura h=30 cm	m³	14.708,99	05			
4.6.1.2	REVESTIMENTO VEGETAL						
4.6.1.2.1	Plantio de grama por hidrossemeadura	m²	49.029,97	05			
5	**CANAL EXTRAVASOR**						
5.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**						
5.1.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**						
5.1.1.1	SUPRESSÃO VEGETAL						
5.1.1.1.1	Supressão vegetal com destocamento de vegetação com Ø =< 30 cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000 m	m²	18.624,44	05	VER NOTA 09		
5.1.1.2	LIMPEZA DO TERRENO						
5.1.1.2.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de bota-espera - DMT até 1000m	m³	5.587,33	05	VER NOTA 16		
5.2	**SERVIÇOS EM TERRA / TERRAPLENAGEM**						
5.2.1	**ESCAVAÇÃO COMUM**				VER NOTA 13		
5.2.1.1	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA						
5.2.1.1.1	Escavação mecanizada e/ou manual de material de 1ª categoria	m³	70.245,94	15	VER NOTA 20		
5.2.1.2	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 2ª CATEGORIA						
5.2.1.2.1.	Escavação mecanizada de material de 2ª categoria	m³	16.475,76	15			
5.2.1.3	ESCAVAÇÃO DE CAVAS OU VALAS EM MATERIAL DE 3ª CATEGORIA						
5.2.1.3.1	Escavação mecanizada de material de 3ª categoria sem uso de explosivos	m³	4.118,94	15			

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**	
PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO** **PLANILHA DE QUANTIDADES**		Nº MOSAIC: **-**	PÁGINA **2/2**
		Nº DF+ **DF19-263-1-EG-PLA-0002**	REV. **1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
5.2.2	**CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL – USO GERAL**						
5.2.2.1	CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL – USO GERAL						
5.2.2.1.1	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 1ª categoria em área de bota-fora - DMT até 1000m	m³	70.245,94	15	VER NOTA 20		
5.2.2.1.2	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 2ª categoria em área de bota-fora - DMT até 1000m	m³	16.475,76	15			
5.2.2.1.3	Carga, transporte, descarga e espalhamento de material de 3ª categoria em área de bota-fora - DMT até 1000m	m³	4.118,94	15			
5.2.3	**REATERRO LATERAL DO CANAL**				VER NOTA 14		
5.2.3.1	CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA, ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
5.2.3.1.1	Carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de aterro a 95% do Proctor Normal	m³	5.386,22	05			
5.3	**ESTRUTURAS DE CONCRETO**						
5.3.1	**GALERIA**						
5.3.1.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
5.3.1.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	144,00	05			
5.3.1.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
5.3.1.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	5,00	05			
5.3.1.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	57,00	05			
5.3.1.3	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
5.3.1.3.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	14,00	05			
5.3.1.4	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
5.3.1.4.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	320,00	05			
5.3.1.5	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
5.3.1.5.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	7.669,00	05			
5.3.2	**CANAL DE APROXIMAÇÃO**						

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC:	PÁGINA
-	2/2
Nº DF+	**REV.**
DF19-263-1-EG-PLA-0002	1

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
5.3.2.1	CONCRETO PROJETADO - PREPARO, TRANSPORTE, PROJEÇÃO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
5.3.2.1.1	Fornecimento e execução de concreto para projeção	m³	540,97	05			
5.3.3	**CANAL RÁPIDO**						
5.3.3.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
5.3.3.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	3.381,00	05			
5.3.3.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
5.3.3.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	150,00	05			
5.3.3.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	1.084,00	05			
5.3.3.3	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
5.3.3.3.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	114,00	05			
5.3.3.4	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
5.3.3.4.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	1.827,00	05			
5.3.3.5	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
5.3.3.5.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	139.418,00	05			
5.3.4	**ALAS DE TRANSIÇÃO**						
5.3.4.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
5.3.4.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	150,00	05			
5.3.4.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
5.3.4.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	12,00	05			
5.3.4.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 15,0 MPa.	m³	55,00	05			
5.3.4.2.3	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	94,00	05			

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**	
PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO** **PLANILHA DE QUANTIDADES**		Nº MOSAIC: **-**	PÁGINA **2/2**
		Nº DF+ **DF19-263-1-EG-PLA-0002**	REV. **1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
5.3.4.3	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
5.3.4.3.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	11.576,00	05			
5.3.5	**BACIA DE DISSIPAÇÃO**						
5.3.5.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
5.3.5.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de enrocamento D50 = 0,40 m	m³	590,27	05			
5.3.6	**DEFENSA METÁLICA**						
5.3.5.1	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO						
5.3.5.1.1	Fornecimento e assentamento de defensa metálica, padrão DNER	m	10,00	-			
6	**CANAL DE LAMAS**						
6.1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**						
6.1.1	**SUPRESSÃO VEGETAL**						
6.1.1.1	SUPRESSÃO VEGETAL						
6.1.1.1.1	Supressão vegetal com destocamento de vegetação com Ø =< 30 cm com remoção para a área de depósito - DMT até 1000 m	m²	36.647,95	10			
5.1.1.2	LIMPEZA DO TERRENO						
5.1.1.2.1	Escavação, carga e transporte, descarga e espalhamento de camada de solo superficial para a área de bota-espera - DMT até 1000m	m³	10.994,39	05	VER NOTA 16		
6.1.2	**TERRAPLANAGEM**						
6.1.2.1	ESCAVAÇÃO, CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA E ESPALHAMENTO DE MATERIAL						
6.1.2.1.1	Escavação, carga, transporte, descarga e espalhamento - DMT até 1000 m	m³	14.131,05	10			
6.1.2.2	CARGA, TRANSPORTE, DESCARGA, ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO DE ATERRO						
6.1.2.2.1	Carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de aterro a 95% do Proctor Normal	m³	26.246,18	10			
6.1.2.2.2	Carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação de leira de proteção com aterro sem controle de compactação	m³	612,40				
6.1.3	**BUEIRO SOB O CANAL DE LAMAS**						
6.1.3.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
6.1.3.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de enrocamento D50 = 20 mm	m³	625,62	10			
6.1.3.1.2	Fornecimento, espalhamento e adensamento de brita 3	m³	625,62	10			
6.1.3.1.3	Fornecimento, espalhamento e adensamento de areia média	m³	625,62	10			
6.1.3.2	BUEIRO SIMPLES TUBULAR DE CONCRETO						

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**

PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO** **PLANILHA DE QUANTIDADES**	Nº MOSAIC: **-** Nº DF+ **DF19-263-1-EG-PLA-0002**	PÁGINA **2/2** REV. **1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
6.1.3.2.1	Fabricação, transporte e montagem de elementos pré-moldados de concreto, inclusive fornecimento de materiais - Tubo de concreto DN = 1800	m	34,00	10			
6.1.4	**REVESTIMENTO**						
6.1.4.1	FORNECIMENTO, ESPALHAMENTO E ADENSAMENTO DE MATERIAIS GRANULARES						
6.1.4.1.1	Fornecimento, espalhamento e adensamento de laterita	m³	2.627,33	10			
6.2	**SERVIÇOS COMPLEMENTARES**						
6.2.1	**PAISAGISMO E AJARDINAMENTO - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO**						
6.2.1.1	REVESTIMENTO VEGETAL						
6.2.1.1.1	Fornecimento e implantação de biomanta com acessórios conforme projeto	m²	5.472,28	05			
6.2.1.1.2	Fornecimento e instalação de grama em placas	m²	8.415,07	05			
6.3	**ESTRUTURAS DE CONCRETO**						
6.3.1	**GALERIA**						
6.3.1.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
6.3.1.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	349,00	05			
6.3.1.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
6.3.1.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	16,00	05			
6.3.1.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	189,00	05			
6.3.1.3	JUNTA COM MASTIQUE ELÁSTICO / CORDA ALCATROADA / POLIURETANO						
6.3.1.3.1	Junta em mastique elástico à base de poliuretano ou alcatrão, incluindo preparo da superfície (sem necessidade de corte do concreto)	dm³	40,00	05			
6.3.1.4	JUNTA DE DILATAÇÃO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO						
6.3.1.4.1	Junta de dilatação com poliestireno expandido (isopor)	dm³	536,00	05			
6.3.1.5	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
6.3.1.5.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	21.094,00	05			
7	**MEDIDOR DE VAZÃO**						
7.1	**ESTRUTURAS DE CONCRETO**						
7.1.1	**ESTRUTURAS DE CONCRETO**						
7.1.1.1	FORMA COM ESTRUTURA EM MADEIRA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M
NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO
PLANILHA DE QUANTIDADES

Nº MOSAIC:	PÁGINA
-	2/2
Nº DF+	**REV.**
DF19-263-1-EG-PLA-0002	**1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)
7.1.1.1.1	Forma plana com compensado resinado para estrutura de fundação, inclusive escoramento de estruturas verticais	m²	72,00	05			
7.1.1.2	CONCRETO - PREPARO, TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E CURA (COM FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS)						
7.1.1.2.1	Concreto Não-Bombeado em estrutura de fundação fck = 10,0 MPa.	m³	2,10	05			
7.1.1.2.2	Concreto Bombeado em estrutura de fundação fck = 30,0 MPa.	m³	20,00	05			
7.1.1.3	ARMADURA PARA CONCRETO EM VERGALHÕES - FORNECIMENTO, CORTE, DOBRA E APLICAÇÃO						
7.1.1.3.1	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	2.449,00	05			
7.1.1.4	CHAPA METÁLICA - FORNECIMENTO E APLICAÇÃO						
7.1.1.4.1	Chapa metálica CH #1/4" USI SAC 350	kg	157,00	05			

Notas:
1 - Tempo estimado total para finalização das obras de 7 anos.
2 - Os Indicadores de Nível d'Água devem ser instalados no contato do rejeito com o terreno natural.

3 - INA'S existentes que deverão ser alteados/modificados na Barragem BR, (INA01 - INA02 - INA03 - INA04 - INA05 - INA06 - INA07 - INA08 - INA09 - INA102 - INA103 - INA104 - INA105 e INAOE01).

4 - INA'S programados para Barragem BB Alteamento 1.210,00m, (INA110 - INA111 - INA112 - INA113 - INA114, INA115 e INA116) com profundidades (18,00 - 29,00 - 13,40 - 26,00 - 27,50 - 19,00 e 15,00m) respectivamente. Profundidade total 147,90m.

5 - INA's que deverão ser removidos/obstruídos: INA101 (Comprimento de 28,30 m) .

6 - PZ'S existentes que deverão ser alteados/modificados na Barragem BR, (PZ102 – PZ103 – PZ104 – PZ105 – PZ106 – PZ107 – PZ108 e PZ109).

7 - PZ'S programados para Barragem BR Alteamento 1.210,00m, (PZ110 – PZ111 – PZ112 – PZ113 – PZ114 e PZ115) com profundidades (21,00 – 36,00 – 20,00 – 26,00 – 30,00 e 24,00) respectivamente. Profundidade total 157,00m.

8 - PZ que deverá ser demolido/obstruído: PZ101.

9 - Este material foi considerado para ser utilizado como top soil para o revestimento vegetal do maciço.

10 - Para implantação da obra, deverá ser previsto a operação, durante 24 horas, de um sistema de bombeamento devido à interferência do nível d'água do reservatório da Barragem BD5. O tempo estimado total para finalização das obras de 7 anos.Caso a Mosaic, opte por não realizar um trabalho de rebaixamento da soleira do extravasor desta estrutura, o sistema de bombeamento deverá operar durante toda a vida útil de ambas as estruturas.

11 - Volumes considerados geométricos.

12 - Foi considerado no cálculo todas as sarjetas padrão DNIT a serem implantadas ao longo dos acessos e de algumas bermas do maciço.

13 - Em função da impossibilidade de execução de sondagens mistas ao longo do eixo do perfil extravasor, ficou acordado entre a DF+ e a Mosaic que seriam utilizadas as sondagens à percussão existentes ao longo do eixo do mesmo para a determinação do critério de tratamento de fundação, cujo objetivo foi avaliar a existência de materiais menos competentes, de consistência muito mole a mole e/ou compacidade fofa. Para execução da obra de escavação para implantação do sistema extravasor e estimativa do tipo de material escavado, foi considerado a seguinte composição de materiais para escavação do extravasor: 75% - material de 1ª categoria; 20% - material de 2ª categoria e 5% - material de 3ª categoria.

14 - Parte do material escavado para implantação do sistema extravasor poderá ser utillizado para reaterro lateral do canal rápido do extravasor. A Fiscalização deverá aprovar o uso do material.

15 - Apesar da DF+ não possuir o cadastro do medidor de vazão instalado no pé da Barragem BR, foi identificado em visita de campo a presença do mesmo. Dessa forma, além do MV4, este instrumento também deve ser Demolido.

Mosaic Fertilizantes	df+ ENG. GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	**PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR - EL 1210 M**	
PROJETO DETALHADO **BARRAGENS** **ALTEAMENTO BARRAGEM BR - EL 1210 M** **NOVA GEOMETRIA DO MACIÇO** **PLANILHA DE QUANTIDADES**		Nº MOSAIC: **-**	PÁGINA **2/2**
		Nº DF+ **DF19-263-1-EG-PLA-0002**	REV. **1**

ITEM	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	UNID.	QUANTIDADE (Ver Nota 29)	PROVISÃO DE ENGENHARIA E PERDAS (%)	OBSERVAÇÕES	PREÇO	
						UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)

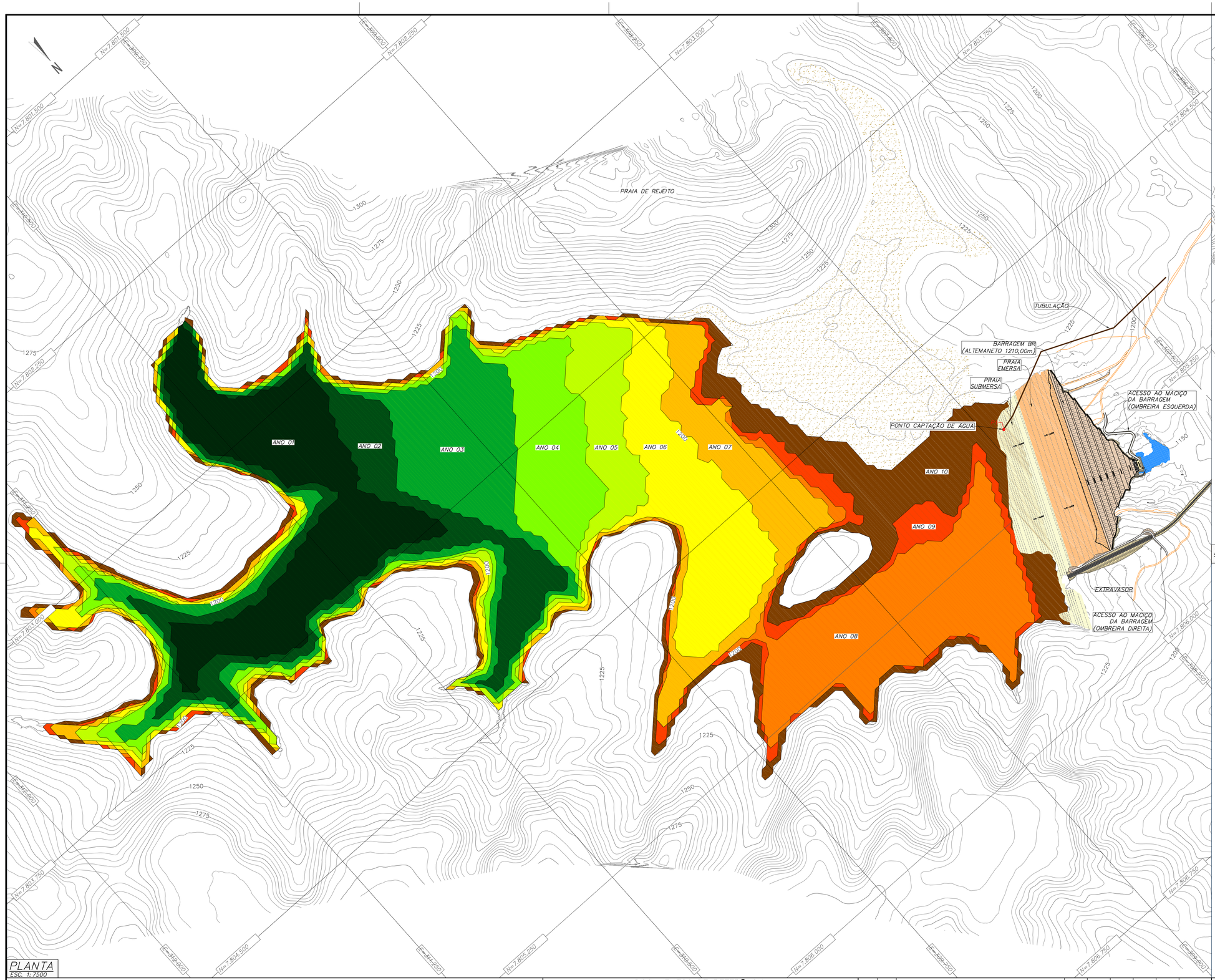
16 - Foi considerado uma espessura de 30 cm correspondente a limpeza superficial (solo orgânico).

17 - A defensa metálica a ser instalada tem função de proteção e deve ser instalada seguindo o indicado nos desenhos de número DF19-263-1-CV-DWG-0016 e DF19-263-1-CV-DWG-0023 seguindo a Especificação Técnica de número DF19-263-1-CV-ETC-0003.

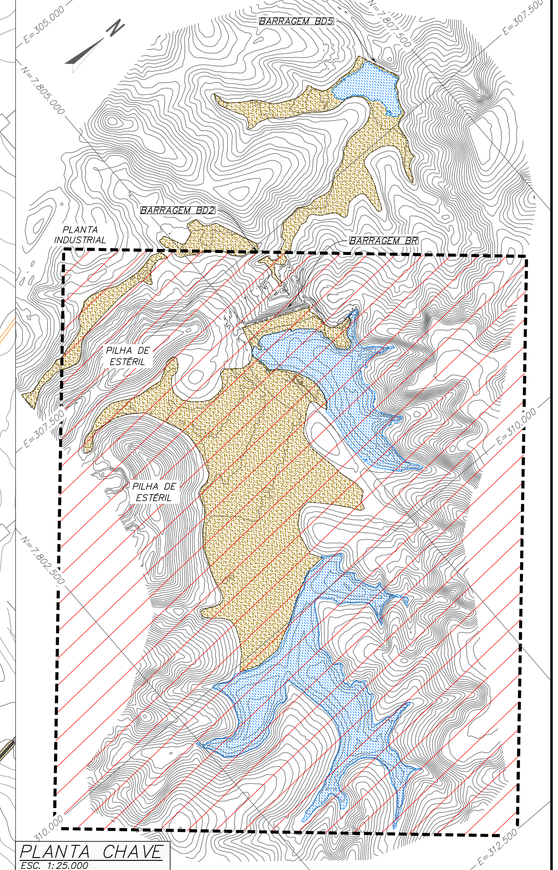
18 - Volume considerado contabilizando a remoção de 30 cm de solo superficial ao longo do maciço (Volume = 0,3 x área do maciço) incrementado ao volume de remoção do solo mole ao pé da barragem.

19 - Foi considerado a remoção da régua linimétrica existente. A mesma não foi considerada no plano de instrumentação por não ter sido fornecido à DF+ sua localização.

20 - Por solicitação da Mosaic, foi considerado 25% de empolamento.



PLANTA
ESC. 1:7500



PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

PONTOS NOTÁVEIS		
PONTO	LESTE	NORTE
P1	308.183,99	7.804.957,96

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- ANO 01
- ANO 02
- ANO 03
- ANO 04
- ANO 05
- ANO 06
- ANO 07
- ANO 08
- ANO 09
- ANO 10
- REJEITO ATUAL
- PRAIA SUBMERSA
- PRAIA EMERSA

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 150 300 450 600 750m
ESCALA ORIGINAL 1:7.500

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. PARA VOLUMES DE OCUPAÇÃO DO RESERVATÓRIO DISCRETIZADOS AO LONGO DO TEMPO, VER TABELA 6.2 DO RELATÓRIO TÉCNICO (DF19-263-1-EG-RTE-0002).

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. RELATORIO TECNICO – DF19-263-EG-1-RTE-0002.
2. ARRANJO GERAL N.A. – DF19-263-1-EG-DWG-0100.
3. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – CENÁRIOS – DF19-263-1-EG-DWG-0002 A DF19-263-1-EG-DWG-0011.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	MCR	TS	MCR	TO	TO	29/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	MCR	TS	MCR	TO	TO	05/06/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

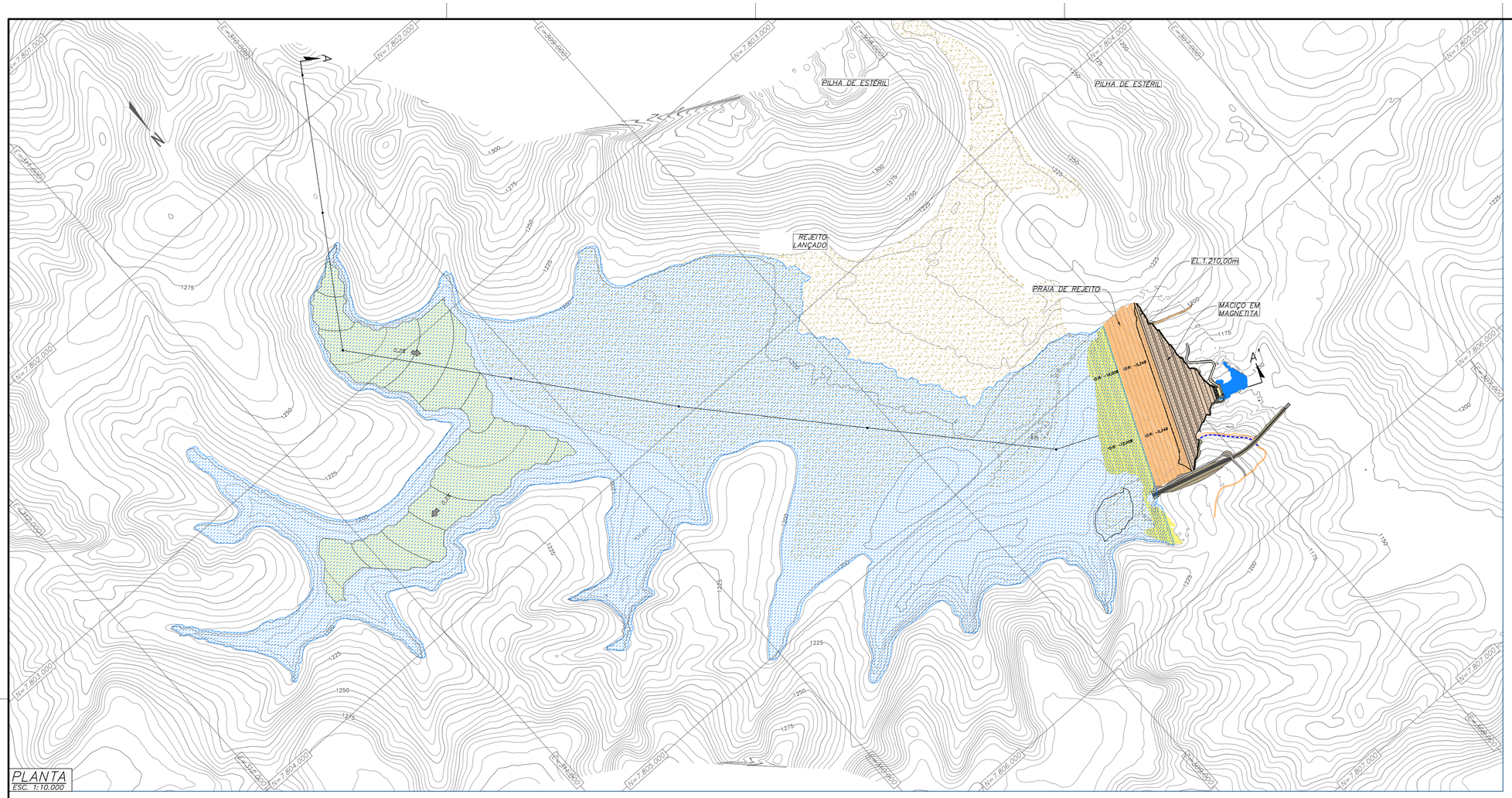
Mosaic Fertilizantes

odf

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00m
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS
ARRANJO GERAL – REJEITO – PLANTA

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0001	–	0



PLANTA
ESC. 1:10.000

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:7.000
ESCALA VERTICAL 1:1.400

ELEVAÇÃO	0+0	5+0	10+0	15+0	20+0	25+0	30+0	35+0	40+0	45+0	50+0	55+0	60+0	65+0	70+0	75+0	80+0	85+0	90+0	95+0	100+0	105+0	110+0	115+0	120+0	125+0	130+0	135+0	140+0	145+0	150+0	155+0	160+0	165+0	170+0	175+0	180+0	185+0	190+0	195+0	200+0	205+0	210+0	215+0	220+0	225+0	230+0	235+0	240+0	245+0	250+0	255+0	259+11
TERRENO (m)	1.250,88	1.224,69	1.230,72	1.215,84	1.212,57	1.211,32	1.210,87	1.212,67	1.215,82	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.195,55	1.196,16	1.197,42	1.198,11	1.197,69	1.198,07	1.197,86	1.198,47	1.198,81	1.199,10	1.199,00	1.199,54	1.199,79	1.195,00	1.194,32	1.186,89	1.182,83	1.182,88	1.188,59	1.196,05	1.196,89	1.158,02	1.146,71	1.147,80	1.146,00
GREIDE (m)																																																						

CENÁRIO 1 (COTA X ÁREA X VOLUME)								
Área (km²)	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0
Elevação (m)	1215	1210	1205	1200	1195	1190	1185	1180	1175	1170	1165
Volume (x10⁶m³)	0	10	20	30	40	50	60	70

VOLUME — ÁREA

PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
3.683.953,27	3.341.763,60	342.189,67	28.683.021,65	1.201,91

LEGENDA:
- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

0 200 400 600 800 1.000m
ESCALA ORIGINAL 1:10.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA DO TERRENO: DF19-258-1-TG-DWG-0001
2. ARRANJO GERAL DO PROJETO DE ALTEAMENTO: DF19-263-1-EG-DWG-0018
3. RELATÓRIO DO PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS: DF19-263-1-EG-RTE-0002
4. PLANTO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO: DF19-263-1-EG-DWG-0002 A DF19-263-1-EG-DWG-0011

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	MCR	TS	TO	TO	MC	25/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	MCR	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

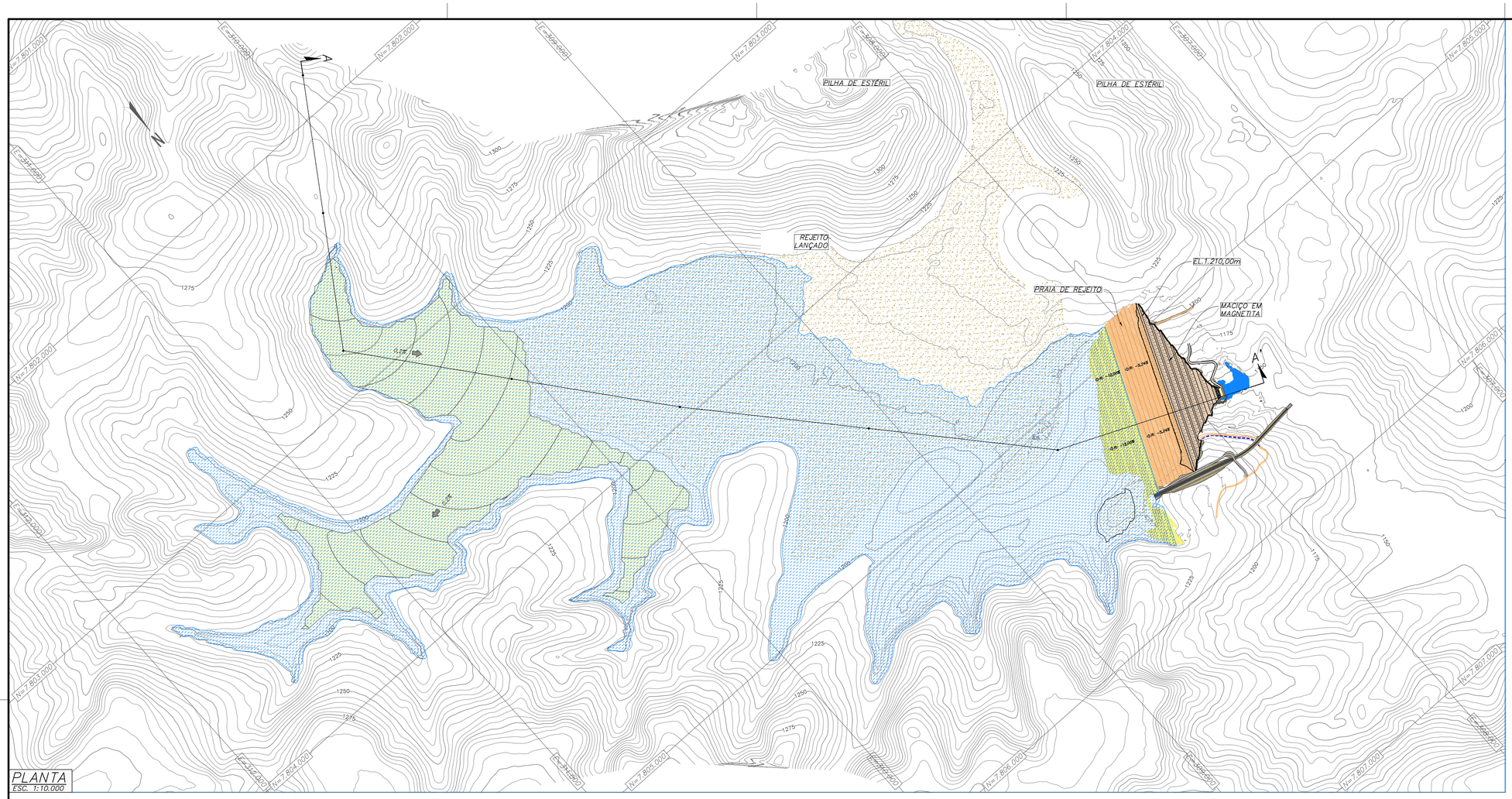
odf

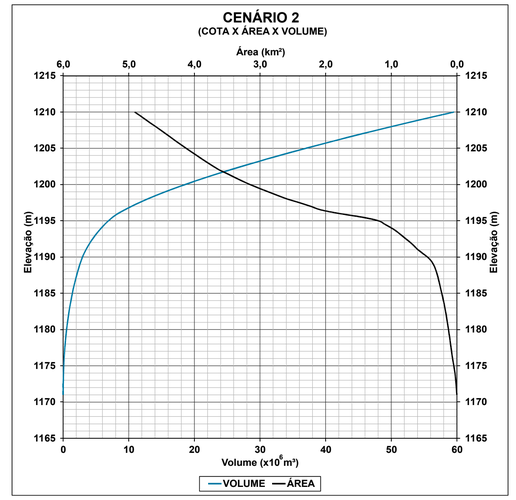
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – OCUPAÇÃO DO RESERVATÓRIO ANO UM

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0002	–	0

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR Nº 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8





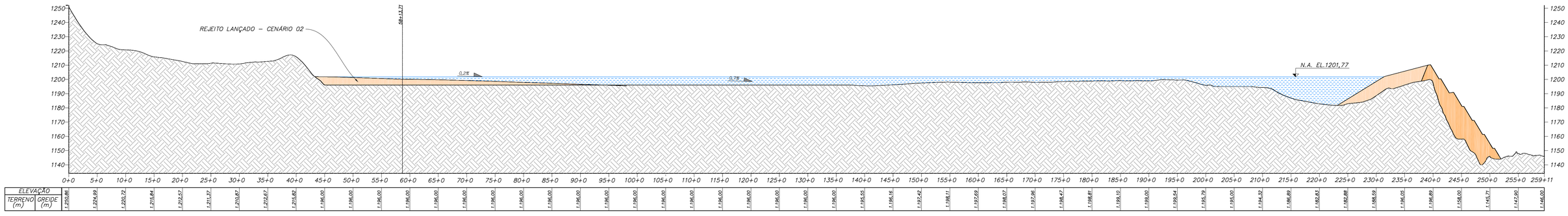
PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
7.354.231,33	6.686.931,99	667.299,34	24.521.301,73	1.201,77

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

0 200 400 600 800 1.000m

ESCALA ORIGINAL 1:10.000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:7.000
ESCALA VERTICAL 1:1.400

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA DO TERRENO: DF19-258-1-TG-DWG-0001
2. ARRANJO GERAL DO PROJETO DE ALTEAMENTO: DF19-263-1-EG-DWG-0018
3. RELATÓRIO DO PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS: DF19-263-1-EG-RTE-0002
4. PLANTO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO: DF19-263-1-EG-DWG-0002 A DF19-263-1-EG-DWG-0011

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	MCR	TS	TO	TO	MC	25/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	MCR	TS	TO	TO	MC	29/05/20

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

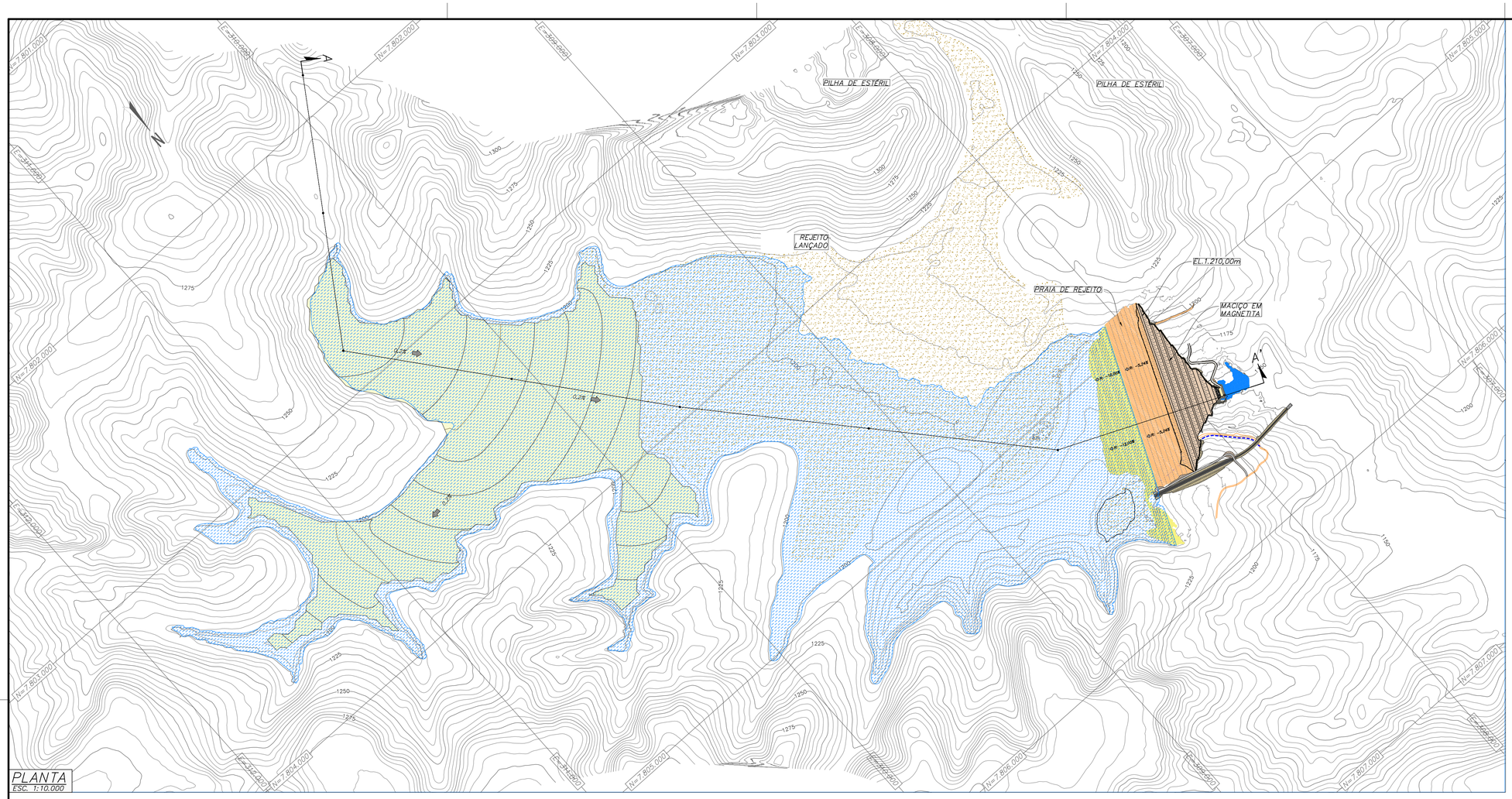
Mosaic Fertilizantes

df

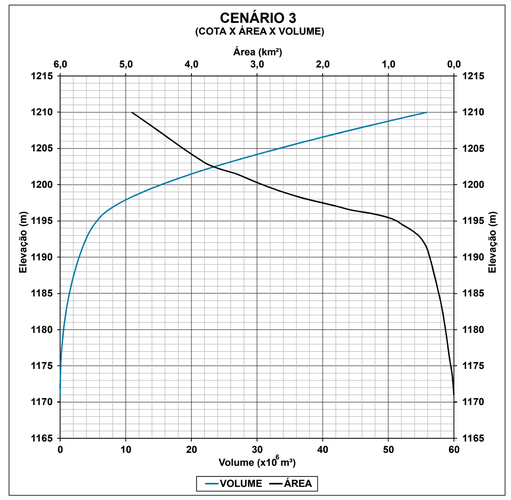
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – OCUPAÇÃO DO RESERVATÓRIO ANO DOIS

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0003	–	B



PLANTA
ESC. 1:10.000

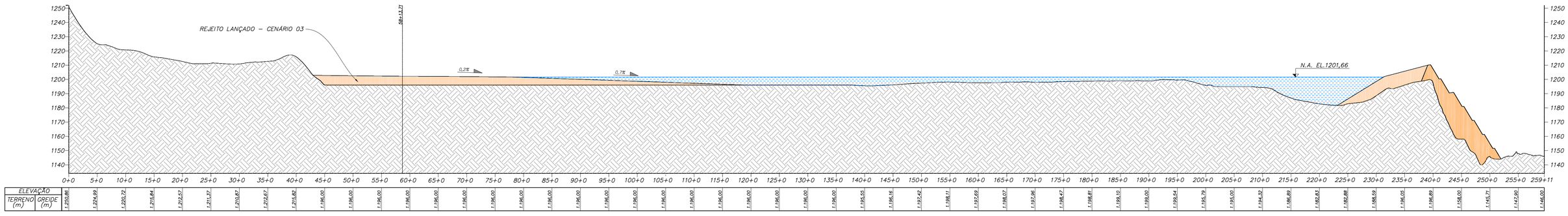


PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
11.010.926,38	10.018.120,92	992.805,46	20.579.023,33	1.201,66

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

0 200 400 600 800 1.000m
ESCALA ORIGINAL 1:10.000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:7.000
ESCALA VERTICAL 1:1.400

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA DO TERRENO: DF19-258-1-TG-DWG-0001
2. ARRANJO GERAL DO PROJETO DE ALTEAMENTO: DF19-263-1-EG-DWG-0018
3. RELATÓRIO DO PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS: DF19-263-1-EG-RTE-0002

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	MCR	TS	TO	TO	MC	25/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	MCR	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

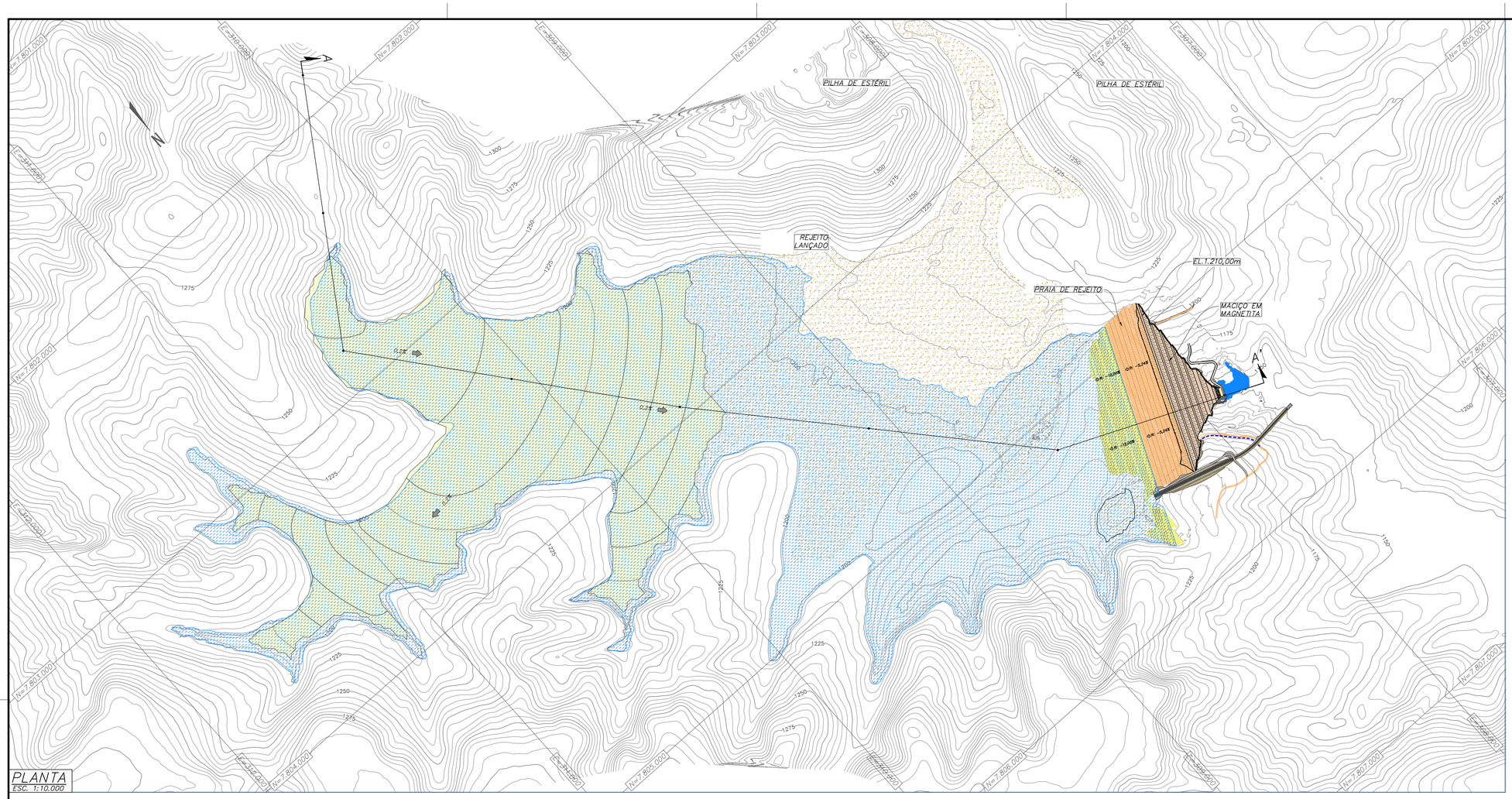
odf

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – OCUPAÇÃO DO RESERVATÓRIO ANO TRES

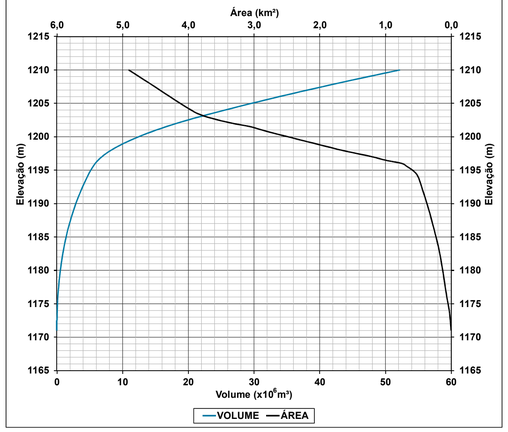
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0004	–	0

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR Nº 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8



PLANTA
ESC. 1:10.000

CENÁRIO 4
(COTA X ÁREA X VOLUME)

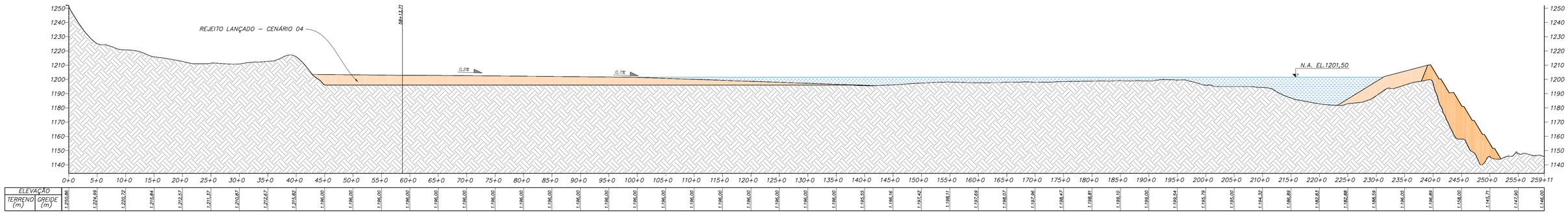


PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
14.703.257,36	13.381.905,38	1.321.664,97	16.599.241,08	1.201,50

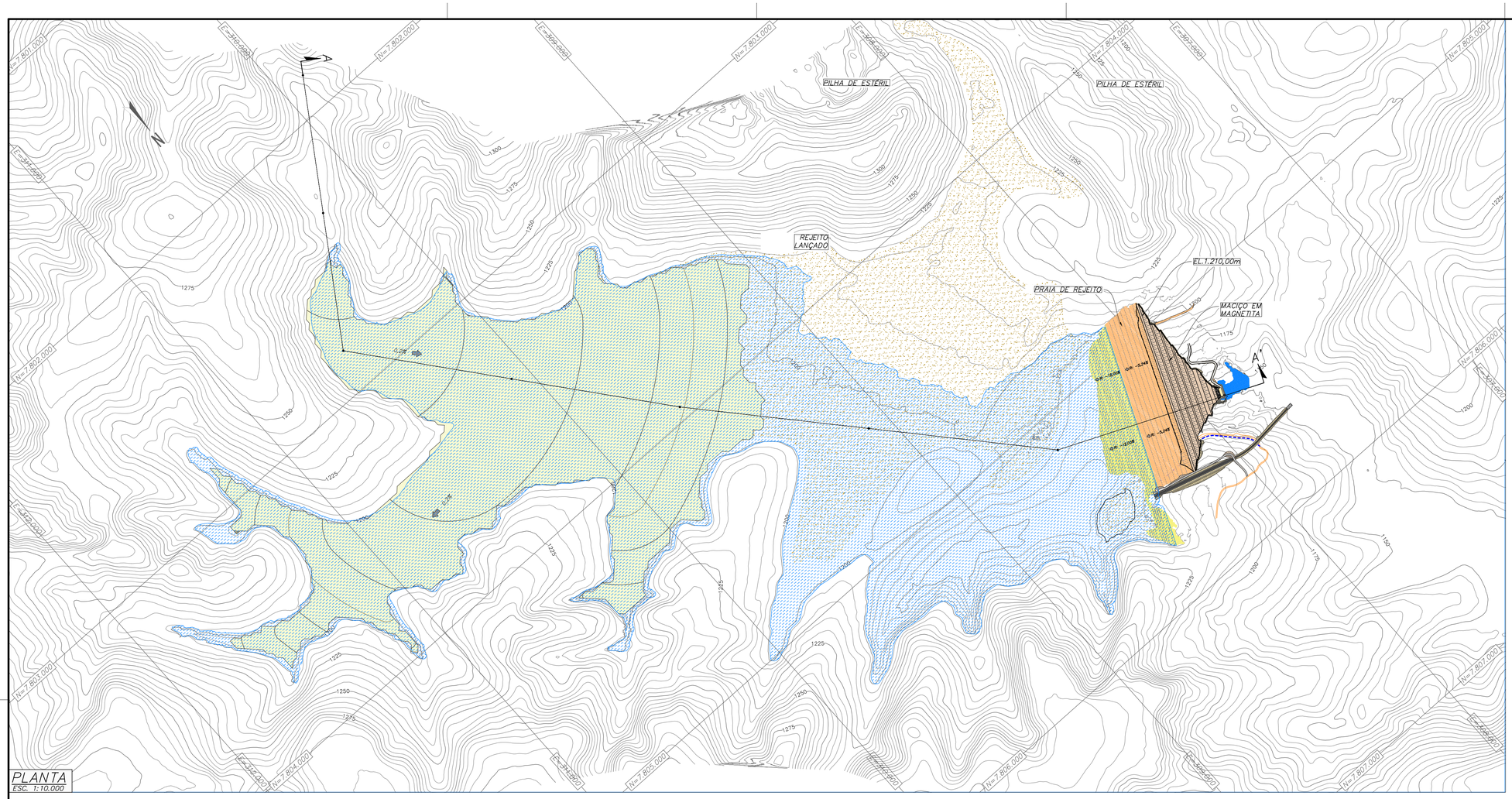
LEGENDA:

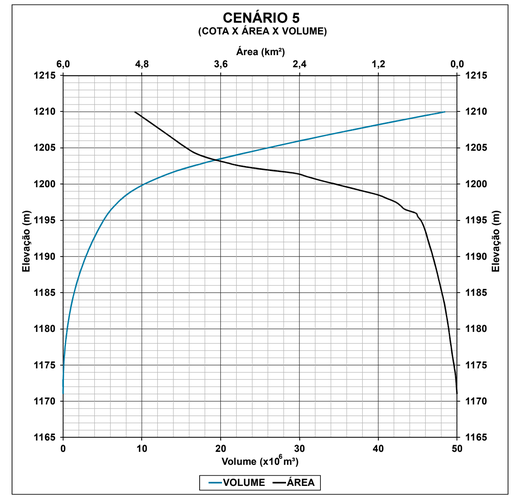
- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

0 200 400 600 800 1.000m
ESCALA ORIGINAL 1:10.000



| ELEVAÇÃO | | | |





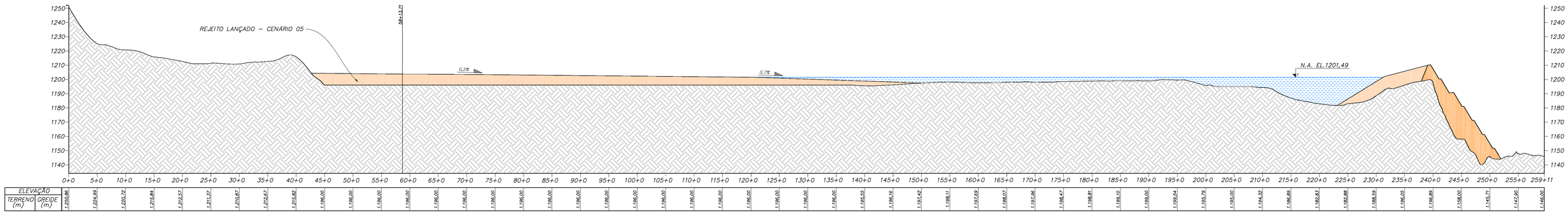
PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
18.405.198,12	16.745.818,03	1.659.380,09	13.531.354,59	1.201,49

LEGENDA:

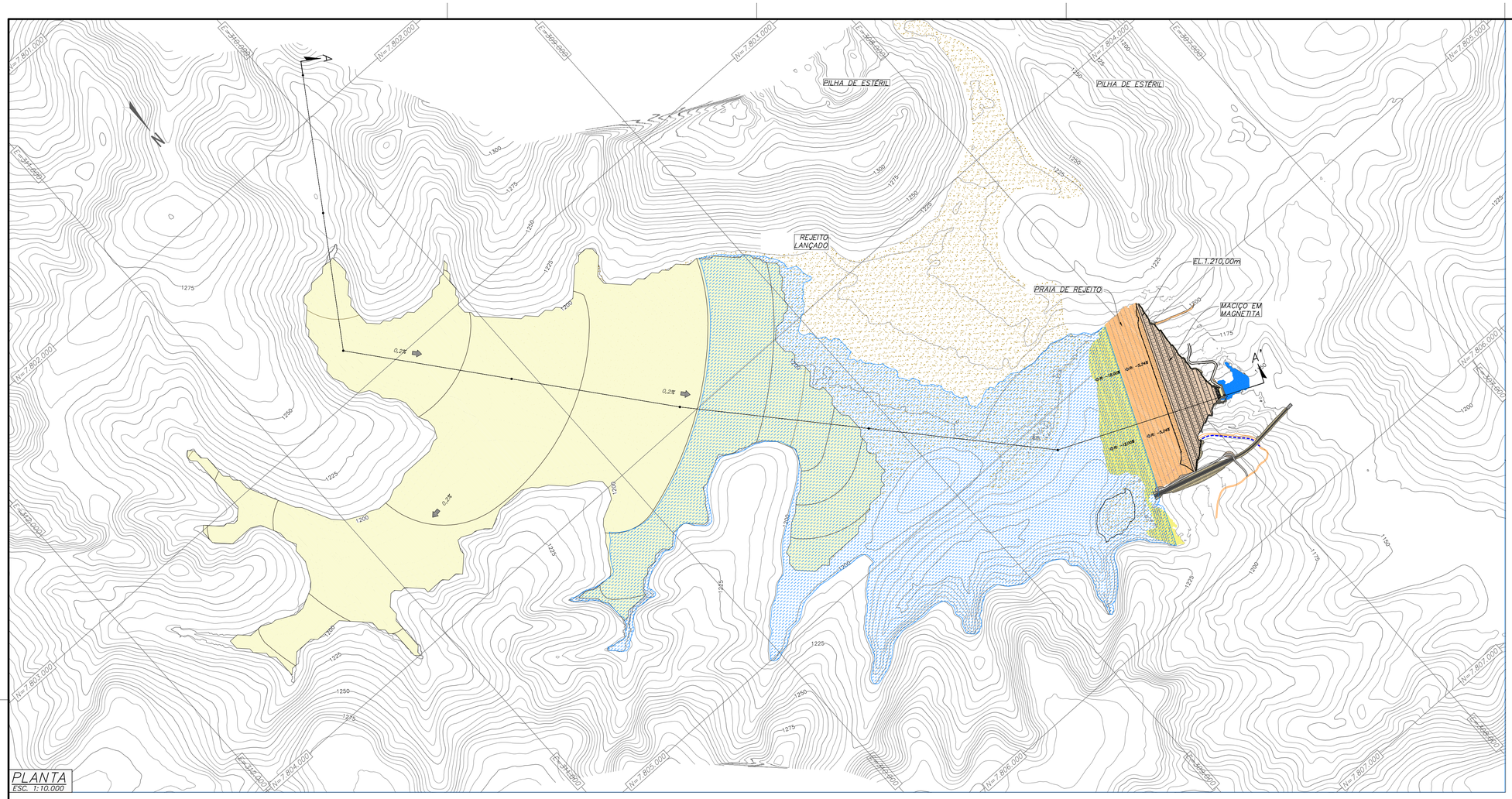
- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

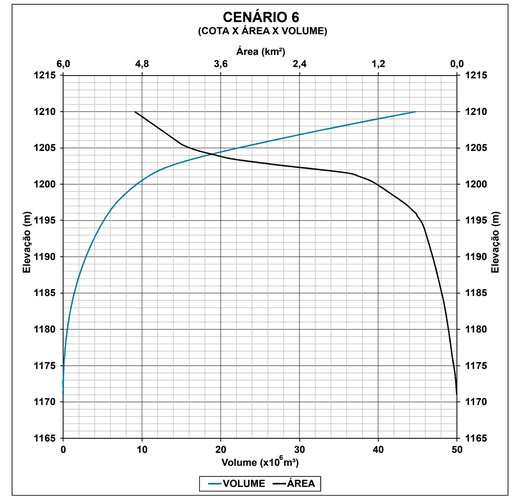
0 200 400 600 800 1.000m

ESCALA ORIGINAL 1:10.000



| ELEVAÇÃO | | | |





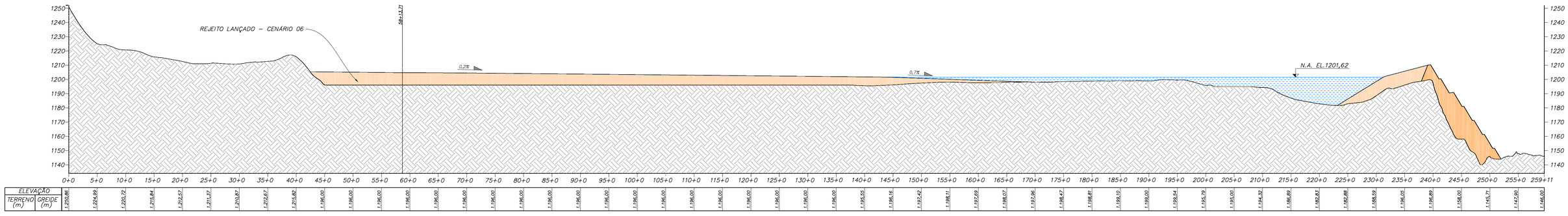
PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
22.129.624,09	20.108.382,56	2.021.241,53	11.643.876,32	1.201,62

LEGENDA:

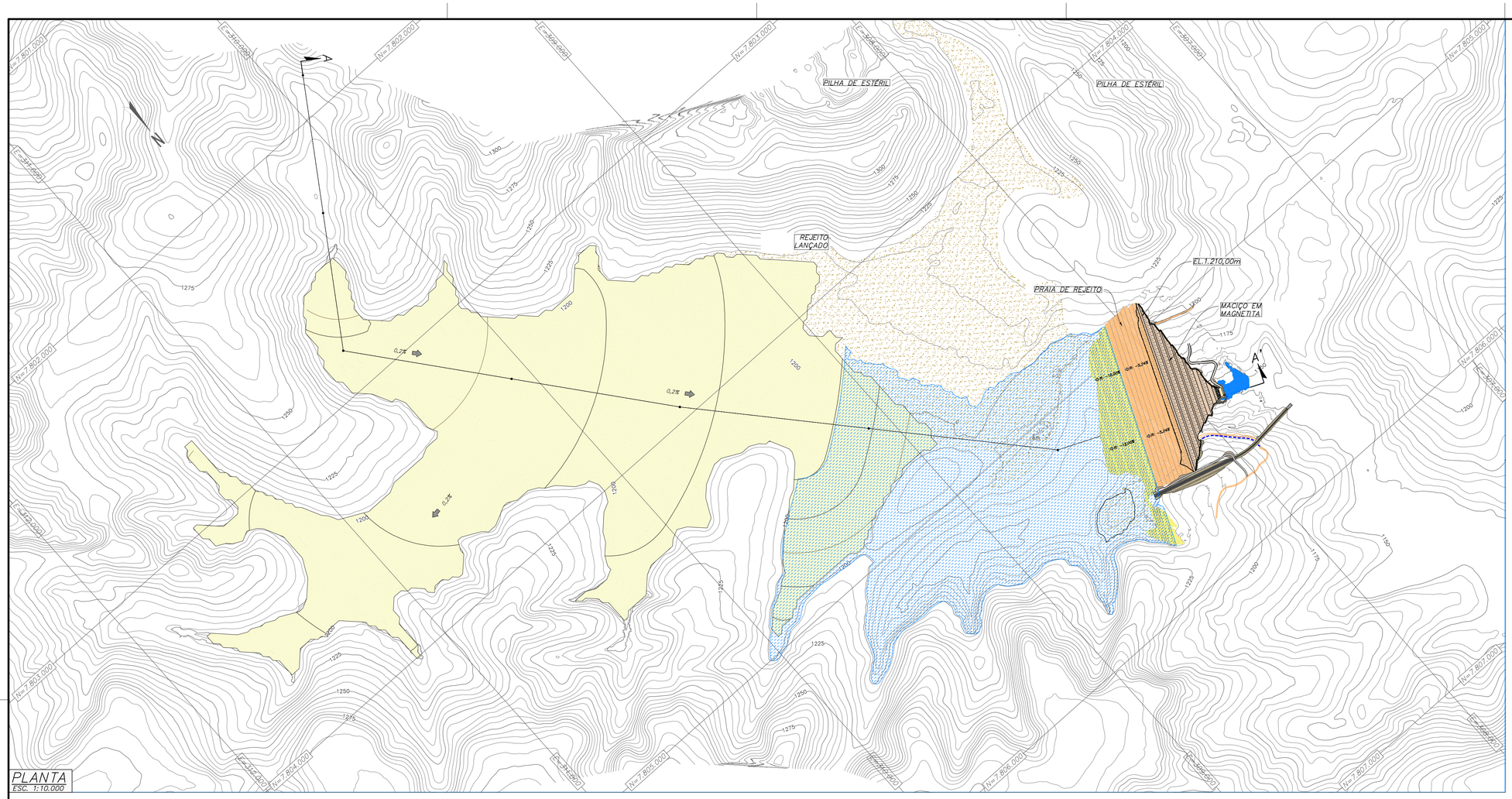
- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

0 200 400 600 800 1.000m

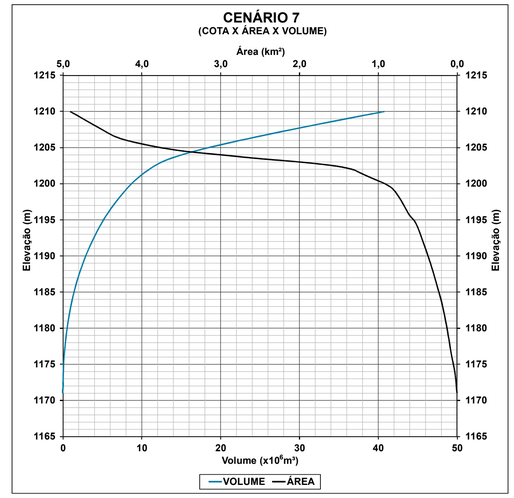
ESCALA ORIGINAL 1:10.000



ELEVAÇÃO TERRENO (m)	ELEVAÇÃO GREIDE (m)
1.250,88	1.224,89
1.220,72	1.215,64
1.212,57	1.211,37
1.210,87	1.210,87
1.212,67	1.215,82
1.196,00	1.196,00
1.196,00	1.196,00
1.196,00	1.196,00



PLANTA
ESC. 1:10.000

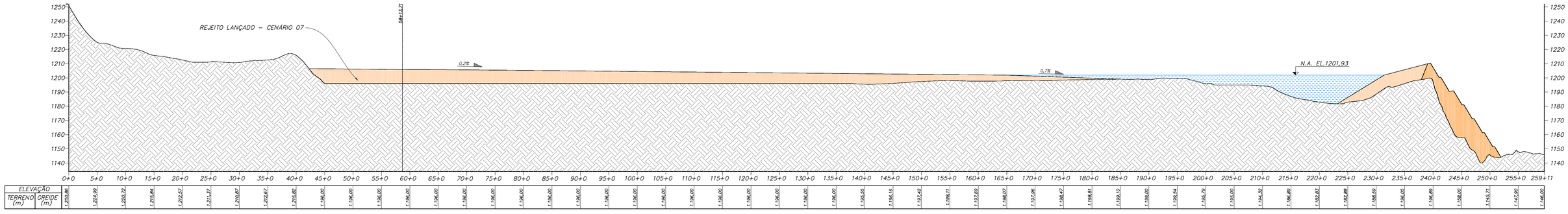


PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
25.881.073,02	23.471.941,36	2.409.131,66	10.893.036,33	1.201,93

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

0 200 400 600 800 1.000m
ESCALA ORIGINAL 1:10.000



ELEVAÇÃO	0+0	5+0	10+0	15+0	20+0	25+0	30+0	35+0	40+0	45+0	50+0	55+0	60+0	65+0	70+0	75+0	80+0	85+0	90+0	95+0	100+0	105+0	110+0	115+0	120+0	125+0	130+0	135+0	140+0	145+0	150+0	155+0	160+0	165+0	170+0	175+0	180+0	185+0	190+0	195+0	200+0	205+0	210+0	215+0	220+0	225+0	230+0	235+0	240+0	245+0	250+0	255+0	259+11
TERRENO (m)	1.250,88	1.224,69	1.220,72	1.215,84	1.212,57	1.211,37	1.210,87	1.212,67	1.215,82	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.195,55	1.196,16	1.197,42	1.198,11	1.197,69	1.198,07	1.197,86	1.198,47	1.198,81	1.199,10	1.199,00	1.199,54	1.199,79	1.195,00	1.194,32	1.186,89	1.182,83	1.182,88	1.184,59	1.196,05	1.196,89	1.158,00	1.146,71	1.147,80	1.146,00
GREIDE (m)																																																							

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:7.000
ESCALA VERTICAL 1:1.400

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA DO TERRENO: DF19-258-1-TG-DWG-0001
2. ARRANJO GERAL DO PROJETO DE ALTEAMENTO: DF19-263-1-EG-DWG-0018
3. RELATÓRIO DO PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS: DF19-263-1-EG-RTE-0002
4. PLANTO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO: DF19-263-1-EG-DWG-0002 A DF19-263-1-EG-DWG-0011

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	MCR	TS	TO	TO	MC	25/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	MCR	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

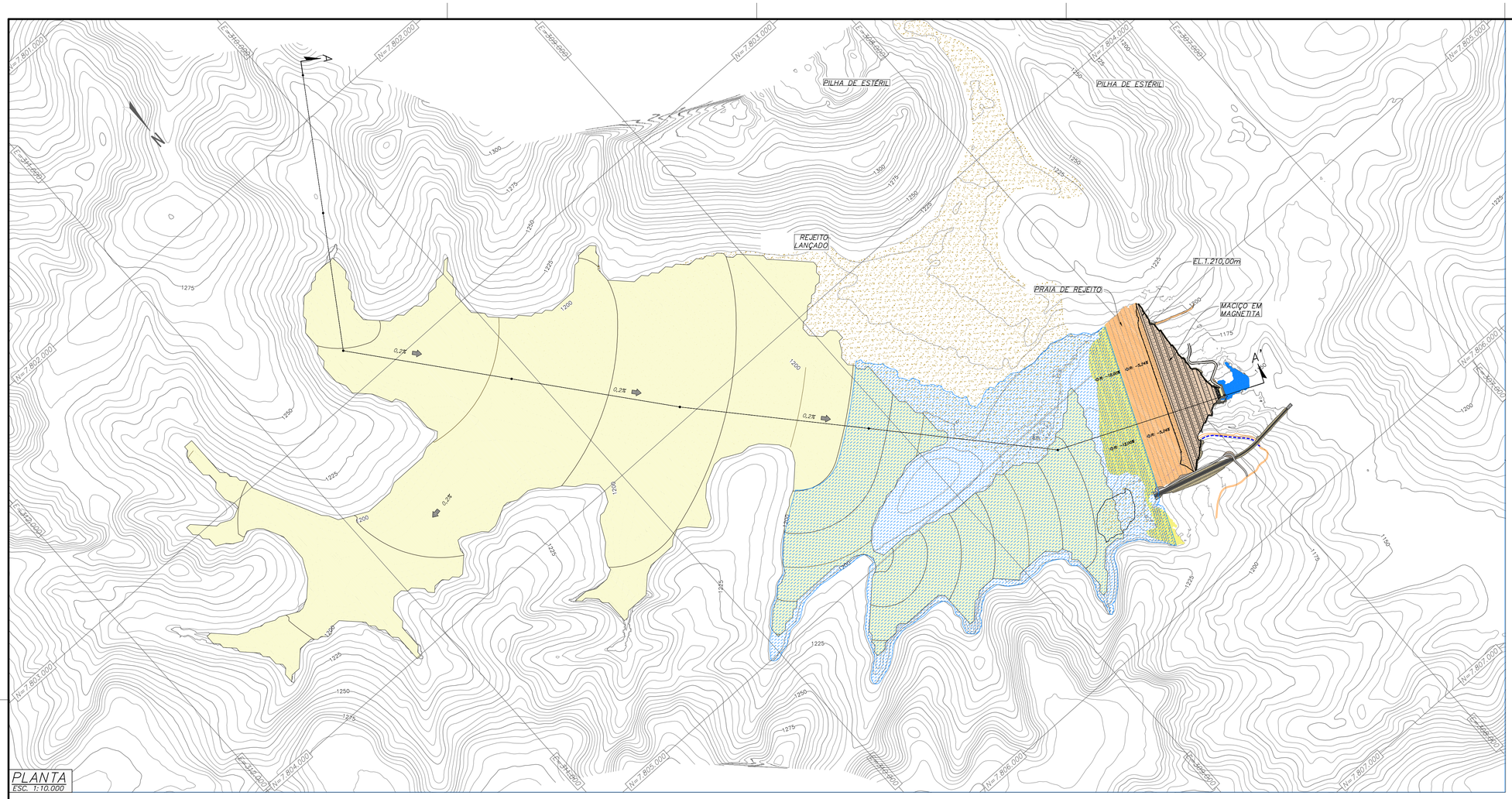
Mosaic Fertilizantes

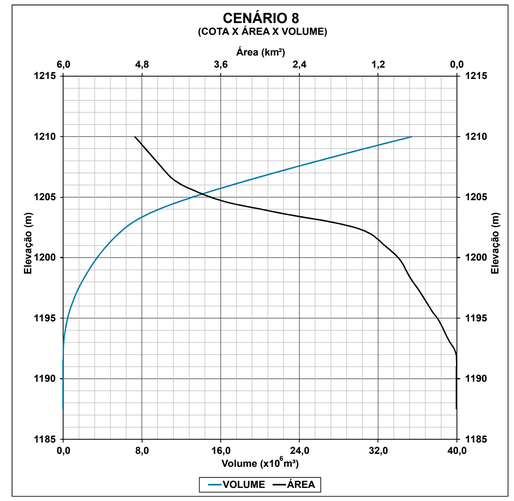
df

PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – OCUPAÇÃO DO RESERVATÓRIO ANO SETE

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0008	–	0





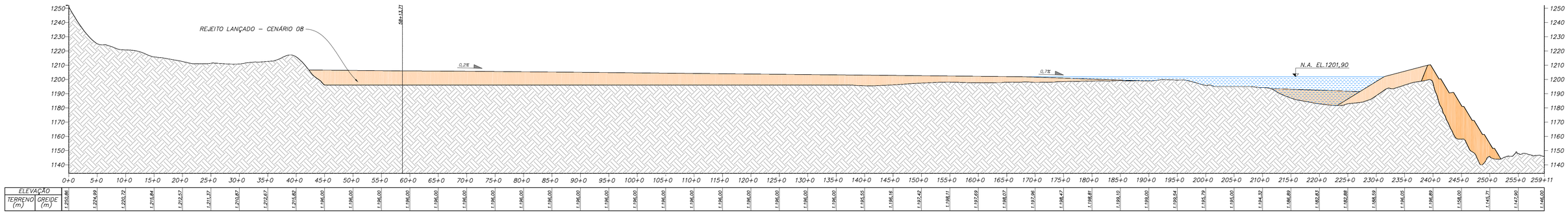
PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
31.453.253,65	28.481.431,04	2.971.822,61	5.497.516,96	1.201,90

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

0 200 400 600 800 1.000m

ESCALA ORIGINAL 1:10.000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:7.000
ESCALA VERTICAL 1:1.400

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA DO TERRENO: DF19-258-1-TG-DWG-0001
2. ARRANJO GERAL DO PROJETO DE ALTEAMENTO: DF19-263-1-EG-DWG-0018
3. RELATÓRIO DO PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS: DF19-263-1-EG-RTE-0002
4. PLANTO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO: DF19-263-1-EG-DWG-0002 A DF19-263-1-EG-DWG-0011

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR Nº 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	MCR	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	MCR	TS	TO	TO	MC	29/05/20

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

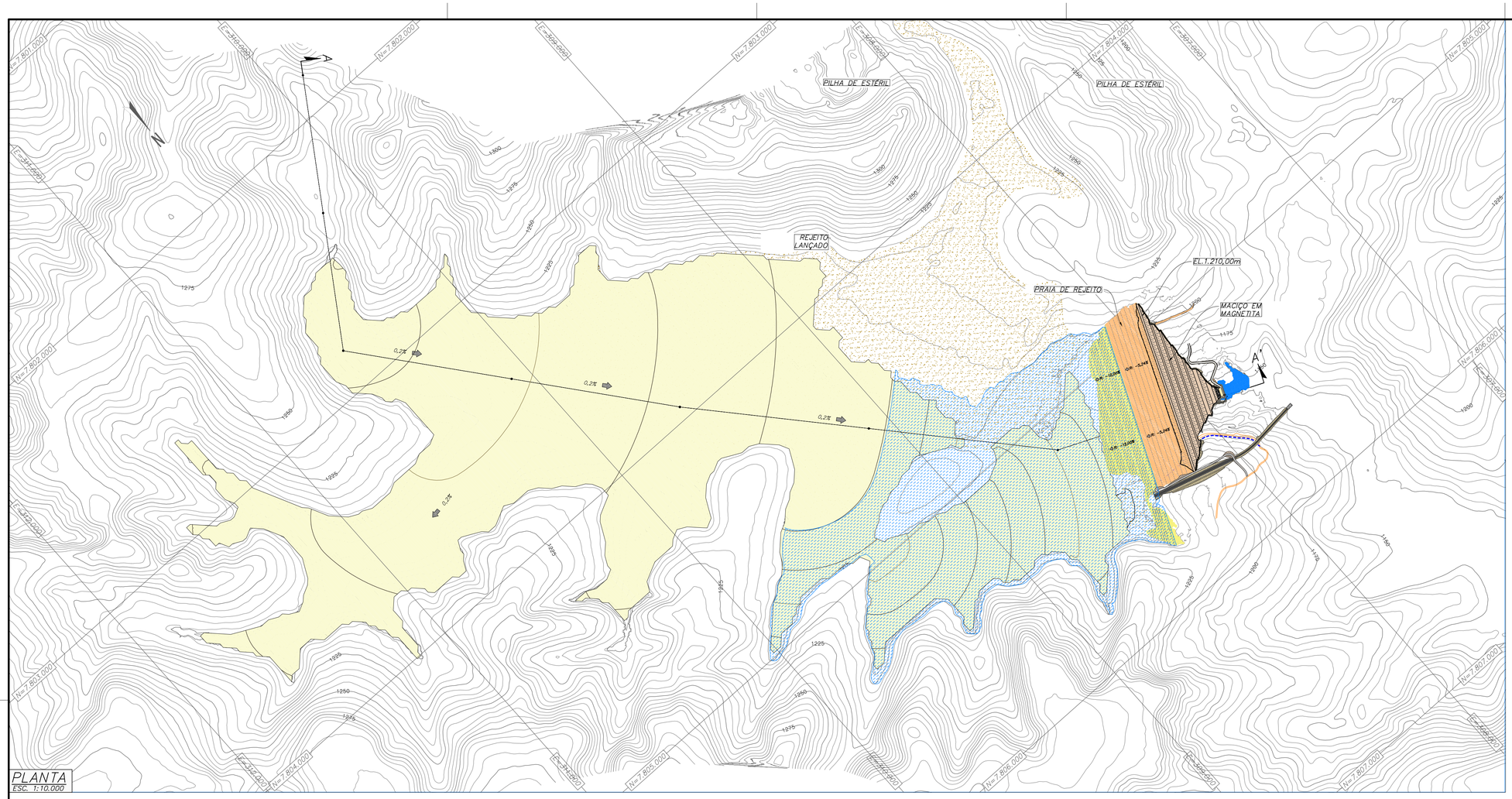
Mosaic Fertilizantes

odf

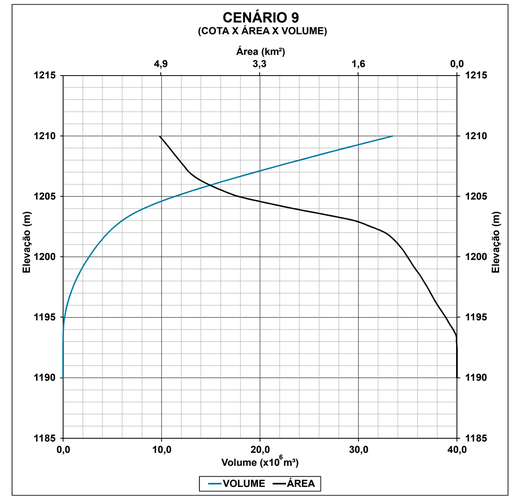
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – OCUPAÇÃO DO RESERVATÓRIO ANO OITO

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0009	–	0



PLANTA
ESC. 1:10.000

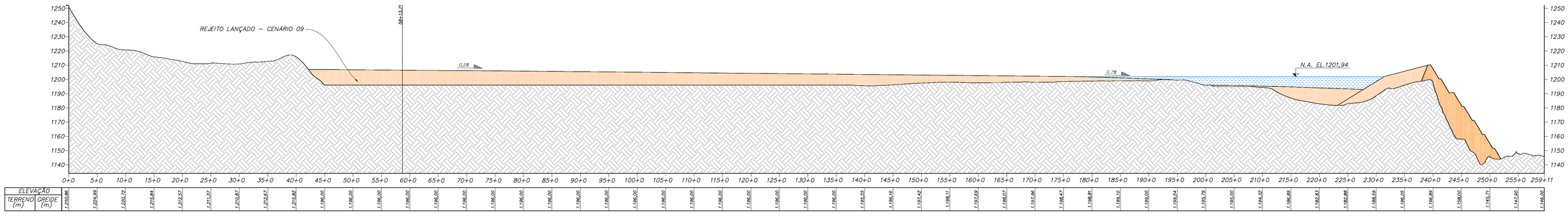


PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
33.389.033,96	30.198.818,28	3.190.215,68	4.471.232,82	1.201,94

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

0 200 400 600 800 1.000m
ESCALA ORIGINAL 1:10.000



ELEVAÇÃO	0+0	5+0	10+0	15+0	20+0	25+0	30+0	35+0	40+0	45+0	50+0	55+0	60+0	65+0	70+0	75+0	80+0	85+0	90+0	95+0	100+0	105+0	110+0	115+0	120+0	125+0	130+0	135+0	140+0	145+0	150+0	155+0	160+0	165+0	170+0	175+0	180+0	185+0	190+0	195+0	200+0	205+0	210+0	215+0	220+0	225+0	230+0	235+0	240+0	245+0	250+0	255+0	259+11
TERRENO (m)	1.250,88	1.224,69	1.220,72	1.215,64	1.212,57	1.211,37	1.210,87	1.212,67	1.215,82	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.196,00	1.195,55	1.196,16	1.197,42	1.198,11	1.197,69	1.198,07	1.197,86	1.198,47	1.198,81	1.199,10	1.199,00	1.199,54	1.199,79	1.195,00	1.194,32	1.186,89	1.182,83	1.182,88	1.184,59	1.196,05	1.196,89	1.158,00	1.146,71	1.147,80	1.146,00
GREIDE (m)																																																							

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:7.000
ESCALA VERTICAL 1:1.400

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA DO TERRENO: DF19-258-1-TG-DWG-0001
2. ARRANJO GERAL DO PROJETO DE ALTEAMENTO: DF19-263-1-EG-DWG-0018
3. RELATÓRIO DO PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS: DF19-263-1-EG-RTE-0002
4. PLANTO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO: DF19-263-1-EG-DWG-0002 A DF19-263-1-EG-DWG-0011

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	MCR	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	MCR	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,09
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

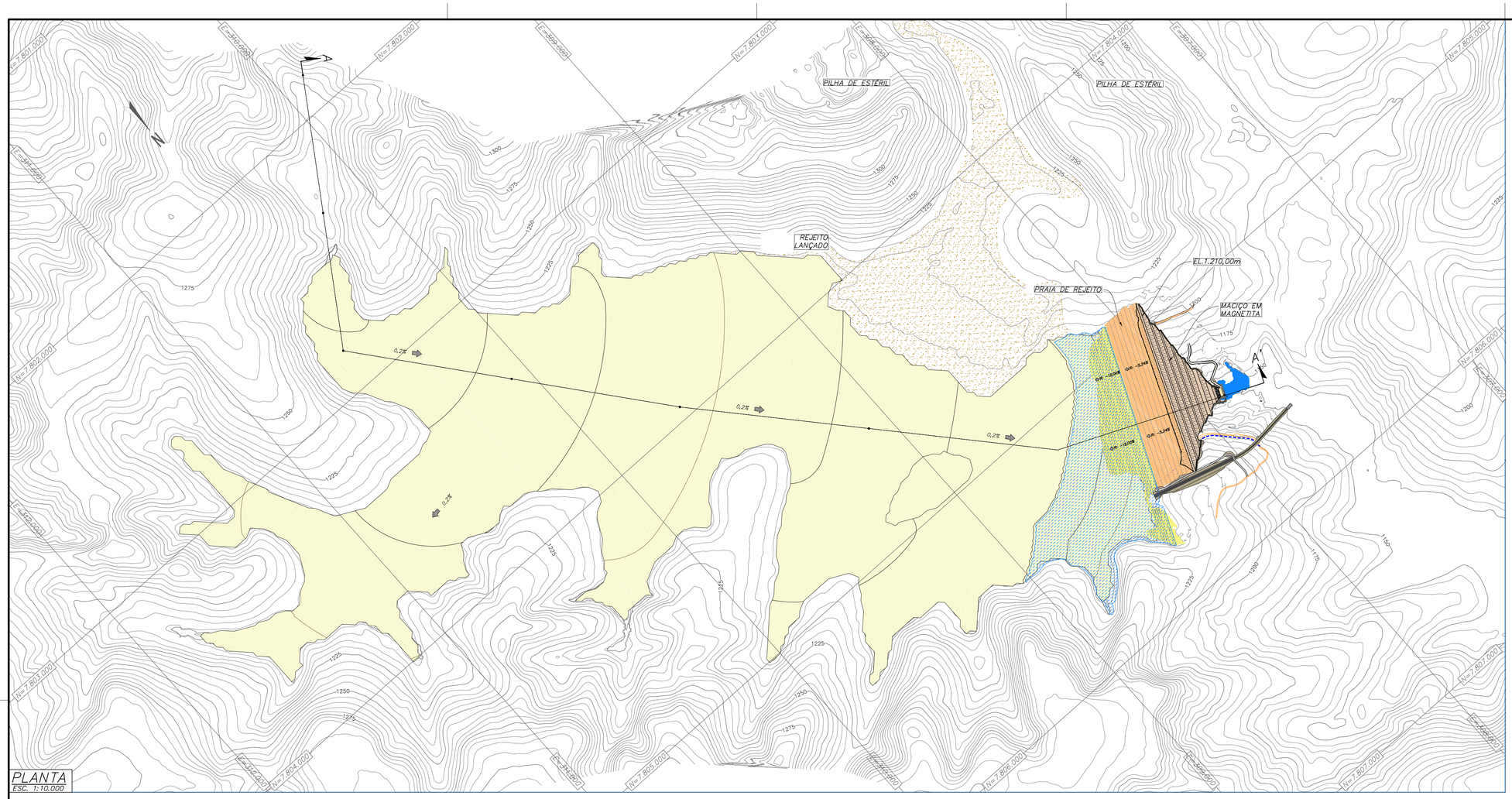
Mosaic Fertilizantes

df

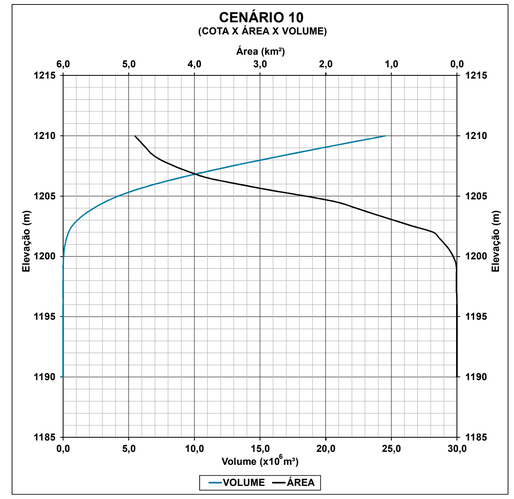
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – OCUPAÇÃO DO RESERVATÓRIO ANO NOVE

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0010	–	0



PLANTA
ESC. 1:10.000

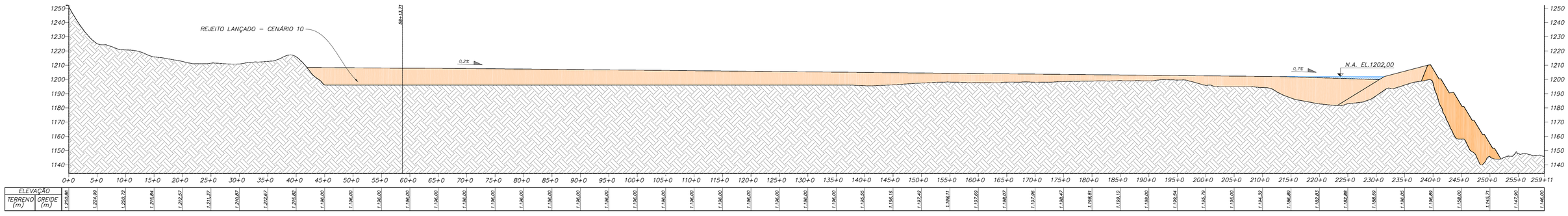


PLANO DE DISPOSIÇÃO				
VOLUME DE SÓLIDOS (m³)	VOLUME DE REJEITO (m³)	VOLUME DE SEDIMENTOS (m³)	VOLUME ÁGUA (m³)	NA (m)
42.363.471,43	38.206.569,78	4.156.901,65	389.736,42	1.202,00

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL
- LAGO
- PRAIA REJEITO ATUAL
- CANAL EXTRAVASOR EXISTENTE
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- REJEITO LANÇADO

0 200 400 600 800 1.000m
ESCALA ORIGINAL 1:10.000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:7.000
ESCALA VERTICAL 1:1.400

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA DO TERRENO: DF19-258-1-TG-DWG-0001
2. ARRANJO GERAL DO PROJETO DE ALTEAMENTO: DF19-263-1-EG-DWG-0018
3. RELATÓRIO DO PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS: DF19-263-1-EG-RTE-0002
4. PLANTO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITO: DF19-263-1-EG-DWG-0002 A DF19-263-1-EG-DWG-0011

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	MCR	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	MCR	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

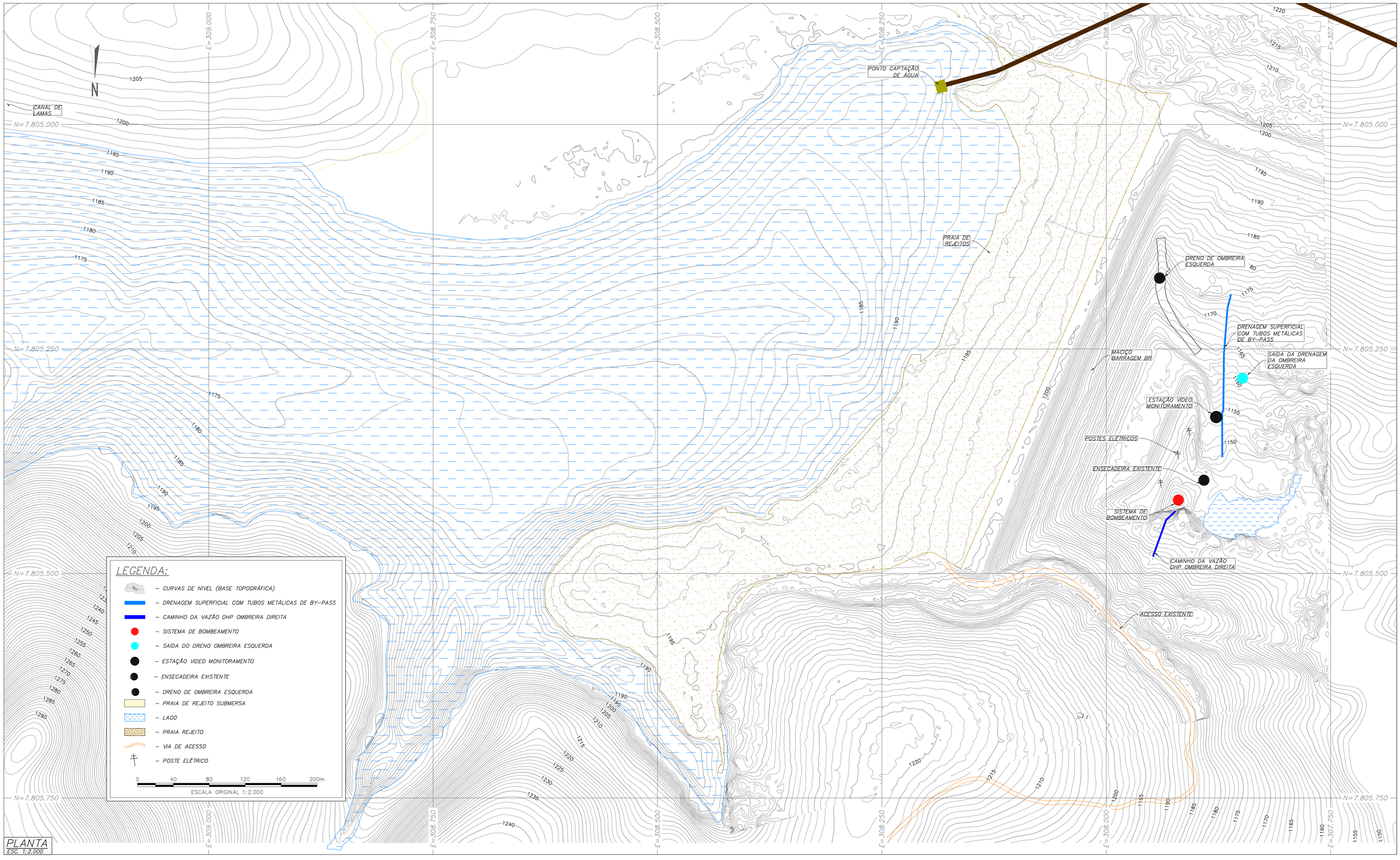
odf

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – OCUPAÇÃO DO RESERVATÓRIO ANO DEZ

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0011	–	0

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR Nº 8	0,09
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8



PLANTA
ESC. 1:2.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. AS ESTRUTURAS INFORMADAS (DRENAGEM SUPERFICIAL DA OMBREIRA ESQUERDA COM TUBOS METÁLICOS, SAÍDA DA DRENAGEM EXISTENTE NA OMBREIRA ESQUERDA, ESTAÇÃO DE VÍDEO MONITORAMENTO, POSTES ELÉTRICOS, SISTEMA DE BOMBEAMENTO E DHP'S INSTALADOS NA OMBREIRA DIREITA, E DIRECIONAMENTO DA VAZÃO DOS DHP'S DA OMBREIRA DIREITA) NÃO APRESENTARAM LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO CADASTRAL. DESTA FORMA, OS MESMOS FORAM ESTIMADOS COM BASE EM IMAGENS DE SATÉLITE, OBSEVAÇÕES OBTIDAS DURANTE A VISITA TÉCNICA E INFORMAÇÕES FORNECIDAS PELA EQUIPE DA MOSAIC.

.

ESPESSURAS P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. Base Topográfica – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. Relatório Técnico – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. Especificação Técnica – DF19-263-1-ETC-0001
4. Planilha de Quantidades – DF19-263-1-PLA-0001

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FMA	FMA	TO	TO	MC	19/10/20
B	B	ATENDIMENTO A COMENTÁRIOS	FMA	FMA	TO	TO	MC	15/07/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FMA	FMA	TO	TO	MC	29/05/20

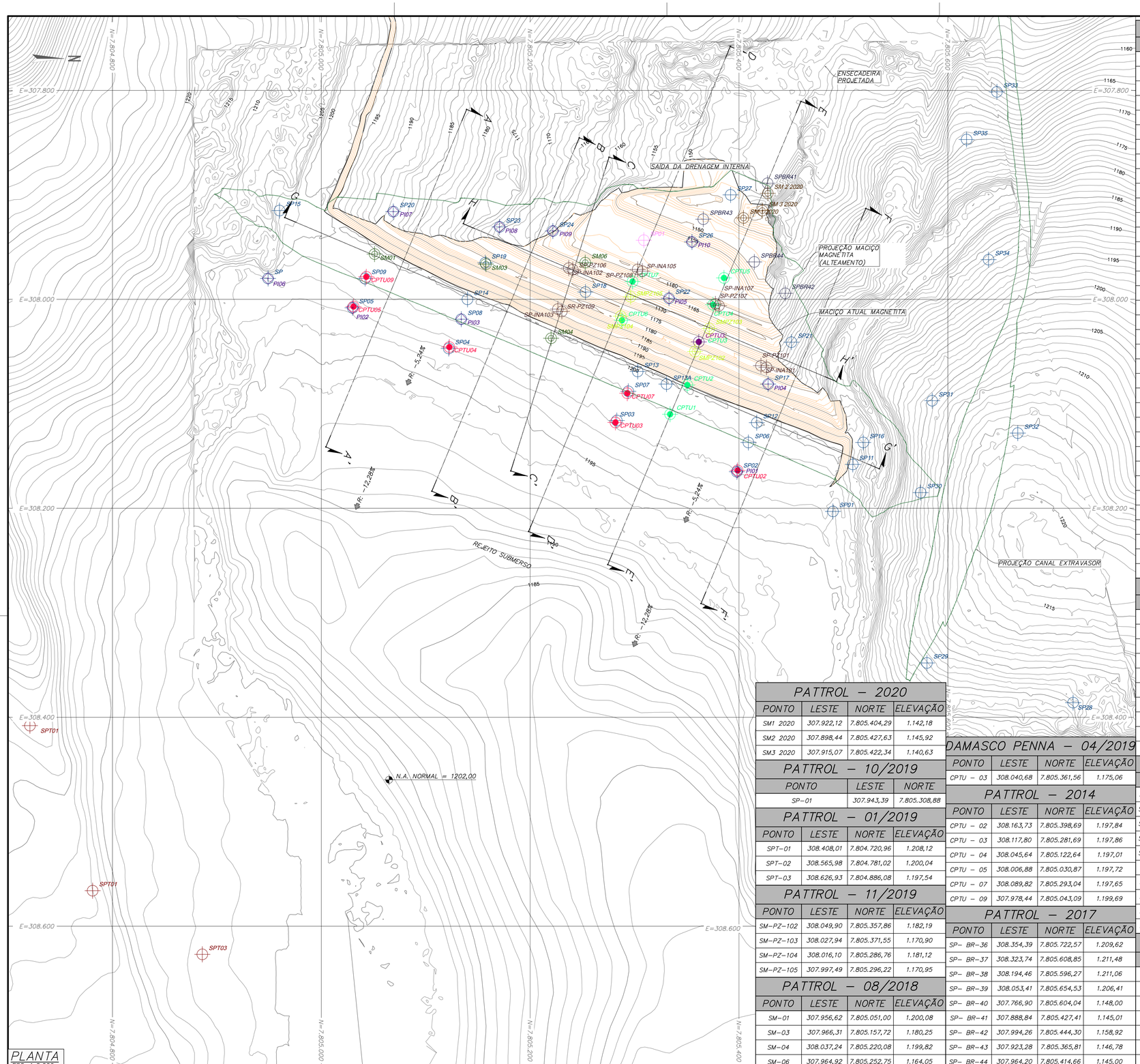
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00
SITUAÇÃO ATUAL
PLANTA

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0012	–	0



PLANTA
ESC. 1:2.000

PATTROL – 2014			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
SP 01	308.203,00	7.805.490,00	1.195,64
SP 02	308.165,00	7.805.398,00	1.197,75
SP 03	308.116,00	7.805.283,00	1.198,12
SP 04	308.047,00	7.805.122,00	1.196,93
SP 05	308.008,00	7.805.030,00	1.197,63
SP 06	308.137,00	7.805.409,00	1.197,28
SP 07	308.088,00	7.805.294,00	1.197,63
SP 08	308.019,00	7.805.134,00	1.198,88
SP 09	307.980,00	7.805.042,00	1.199,66
SP 10	307.980,00	7.804.949,00	1.201,67
SP 11	308.158,00	7.805.509,00	1.193,97
SP 12	308.118,00	7.805.417,00	1.216,84
SP 13	308.069,00	7.805.303,00	1.200,10
SP 13A	308.081,13	7.805.330,60	1.200,13
SP 14	308.000,00	7.805.140,00	1.200,18
SP 15	307.915,00	7.804.960,00	1.202,44
SP 16	308.137,00	7.805.519,00	1.192,80
SP 17	308.081,13	7.805.427,92	1.181,29
SP 18	307.993,00	7.805.253,00	1.175,29
SP 19	307.965,00	7.805.157,00	1.179,72
SP 20	307.916,00	7.805.069,00	1.187,41
SP 21	308.040,96	7.805.450,22	1.169,08
SP 22	307.999,00	7.805.333,00	1.164,70
SP 23	307.930,62	7.805.170,72	1.173,01
SP 24	307.934,57	7.805.221,77	1.164,69
SP 25	307.945,00	7.805.355,00	1.148,70
SP 26	307.945,00	7.805.355,00	1.146,95
SP–27	307.900,00	7.805.392,00	1.145,40
SP–28(4)	308.386,00	7.805.720,00	1.205,40
SP–29(4)	308.348,00	7.805.580,00	1.206,20
SP–30(4)	308.185,00	7.805.574,00	1.205,30
SP–31(4)	308.097,00	7.805.585,00	1.205,10
SP–32(4)	308.128,00	7.805.667,00	1.215,00
SP–33(4)	307.801,40	7.805.647,00	1.199,80
SP–34(4)	307.962,00	7.805.639,00	1.191,00
SP–35(4)	307.847,00	7.805.618,00	1.189,60

PATTROL – 2014			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
PI – 01	308.165,00	7.805.398,00	1.197,75
PI – 02	308.008,00	7.805.030,00	1.197,63
PI – 03	308.019,00	7.805.134,00	1.198,88
PI – 04	308.081,13	7.805.427,92	1.181,29
PI – 05	307.999,00	7.805.333,00	1.164,70
PI – 06	307.980,00	7.804.949,00	1.201,67
PI – 07	307.916,00	7.805.069,00	1.187,41
PI – 08	307.930,62	7.805.170,72	1.173,01
PI – 09	307.934,57	7.805.221,77	1.164,69
PI – 10	307.945,00	7.805.355,00	1.146,95

PATTROL – 2020			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
SM1 2020	307.922,12	7.805.404,29	1.142,18
SM2 2020	307.898,44	7.805.427,63	1.145,92
SM3 2020	307.915,07	7.805.422,34	1.140,63

PATTROL – 10/2019		
PONTO	LESTE	NORTE
SP–01	307.943,39	7.805.308,88

PATTROL – 01/2019			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
SPT–01	308.408,01	7.804.720,96	1.208,12
SPT–02	308.565,98	7.804.781,02	1.200,04
SPT–03	308.626,93	7.804.886,08	1.197,54

PATTROL – 11/2019			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
SM–PZ–102	308.049,90	7.805.357,86	1.182,19
SM–PZ–103	308.027,94	7.805.371,55	1.170,90
SM–PZ–104	308.016,10	7.805.286,76	1.181,12
SM–PZ–105	307.997,49	7.805.296,22	1.170,95

PATTROL – 08/2018			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
SM–01	307.956,62	7.805.051,00	1.200,08
SM–03	307.966,31	7.805.157,72	1.180,25
SM–04	308.037,24	7.805.220,08	1.199,82
SM–06	307.964,92	7.805.252,75	1.164,05

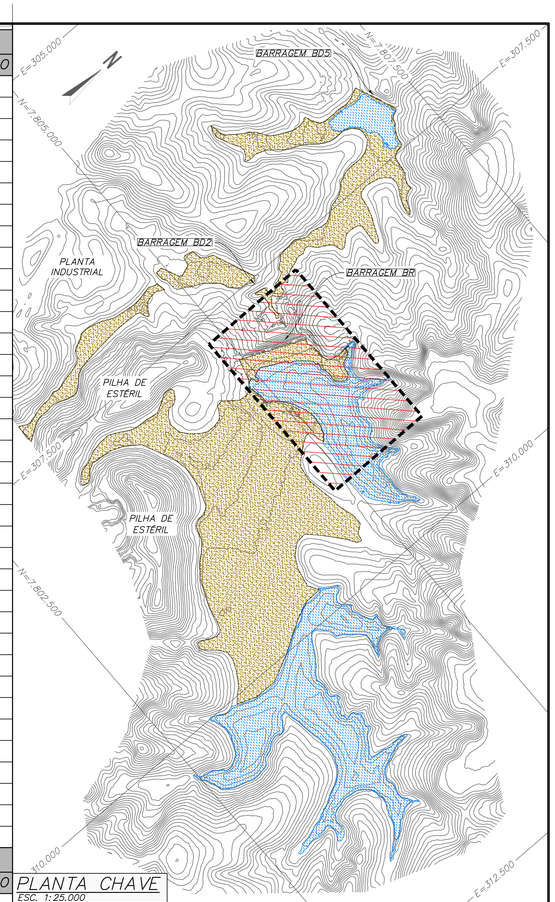
DAMASCO PENNA – 04/2019			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
CPTU – 03	308.040,68	7.805.361,56	1.175,06

PATTROL – 2014			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
CPTU – 02	308.163,73	7.805.398,69	1.197,84
CPTU – 03	308.117,80	7.805.281,69	1.197,86
CPTU – 04	308.045,64	7.805.122,64	1.197,01
CPTU – 05	308.006,88	7.805.030,87	1.197,72
CPTU – 07	308.089,82	7.805.293,04	1.197,65
CPTU – 09	307.978,44	7.805.043,09	1.199,69

PATTROL – 2017			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
SP– BR–36	308.354,39	7.805.722,57	1.209,62
SP– BR–37	308.323,74	7.805.608,85	1.211,48
SP– BR–38	308.194,46	7.805.596,27	1.211,06
SP– BR–39	308.053,41	7.805.654,53	1.206,41
SP– BR–40	307.766,90	7.805.604,04	1.148,00
SP– BR–41	307.888,84	7.805.427,41	1.145,01
SP– BR–42	307.994,26	7.805.444,30	1.158,92
SP– BR–43	307.923,28	7.805.365,81	1.146,78
SP– BR–44	307.964,20	7.805.414,66	1.145,00

PATTROL 10/2019			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
SP–INA–101	308.063,48	7.805.421,06	1.176,05
SP–INA–102	307.970,08	7.805.237,02	1.170,33
SP–INA–103	308.009,29	7.805.226,61	1.188,84
SP–INA–104	308.004,35	7.805.377,47	1.160,00
SP–INA–105	307.973,03	7.805.307,45	1.159,92
SP–PZ–101	308.065,08	7.805.426,39	1.177,16
SP–PZ–106	307.971,57	7.805.240,83	1.170,55
SP–PZ–107	308.006,05	7.805.380,83	1.160,07
SP–PZ–108	307.971,33	7.805.302,99	1.159,88
SR–PZ–109	308.011,48	7.805.230,36	1.188,84

PATTROL – 03/2019			
PONTO	LESTE	NORTE	ELEVAÇÃO
CPTU–1	308.109,96	7.805.334,04	1.198,83
CPTU–2	308.081,96	7.805.350,52	1.200,21
CPTU–3	308.040,68	7.805.361,57	1.175,06
CPTU–4	308.005,11	7.805.375,19	1.159,97
CPTU–5	307.979,50	7.805.385,62	1.149,44
CPTU–6	308.020,01	7.805.287,96	1.180,00
CPTU–7	307.982,96	7.805.298,16	1.163,91



PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL (BASE TOPOGRÁFICA)
- CURVAS DE NÍVEL (LEVANTAMENTO CADASTRAL)
- PROJEÇÃO ALTEAMENTO BARRAGEM BR
- LAGO
- CORTE PROJETADO (PLANTA)
- ATERRO PROJETADO (PLANTA)
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- SONDAGEM A PERCUSSÃO – PATTROL – 2014
- CPTU – PATTROL – 2014
- POÇO DE INVESTIGAÇÃO – PATTROL – 2014
- SONDAGEM A PERCUSSÃO – PATTROL – 2017
- SONDAGEM MISTA – PATTROL – 2018
- SONDAGEM A PERCUSSÃO – PATTROL – 2019
- CPTU – PATTROL – 03/2019
- CPTU – DAMASCO PENA – 04/2019
- SONDAGEM MISTA – PATTROL – 11/2019
- SONDAGEM A PERCUSSÃO – PATTROL – 10/2019
- SONDAGEM A PERCUSSÃO – PATTROL – 10/2019
- SONDAGEM A PERCUSSÃO – PATTROL – 2020

0 40 80 120 160 200m
ESCALA ORIGINAL 1:2.000

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. PARA CRITÉRIOS DE PARALISAÇÕES DAS SONDAGENS PREVISTAS BEM COMO DOS PROCEDIMENTOS PARA EXECUÇÃO DE POÇOS DE INVESTIGAÇÃO E OS ENSAIOS DE LABORATÓRIO, VER DF19–258–1–EG–ETC–0002.
4. AS COORDENADAS AQUI APRESENTADAS FORAM OBTIDAS DO PROJETO "AS IS" ELABORADO PELA WALM (WBH122–17–MOSC041–RTE–0016). IMPORTANTE DESTACAR QUE NO RELATÓRIO EMITIDO PELA PATTROL EM 2014 (PAT–RT–SOND–1097.14–002–REV.04), AS COORDENADAS NÃO FORAM INDICADAS.

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19–263–1–EG–ETC–0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–EG–PLA–0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0002
6. PERFIL GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO – SEÇÕES A–A' a H–H' – DF19–263–1–EG–DWG–0014 a DF19–263–1–EG–DWG–0017

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
1	E	APROVADO – ATUALIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	FC	TS	TO	TO	MC	14/10/20
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

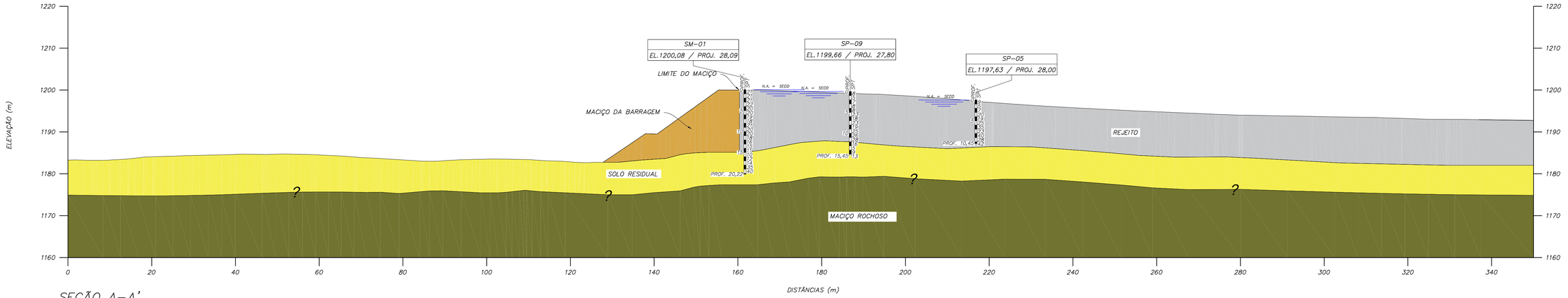
Mosaic Fertilizantes

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

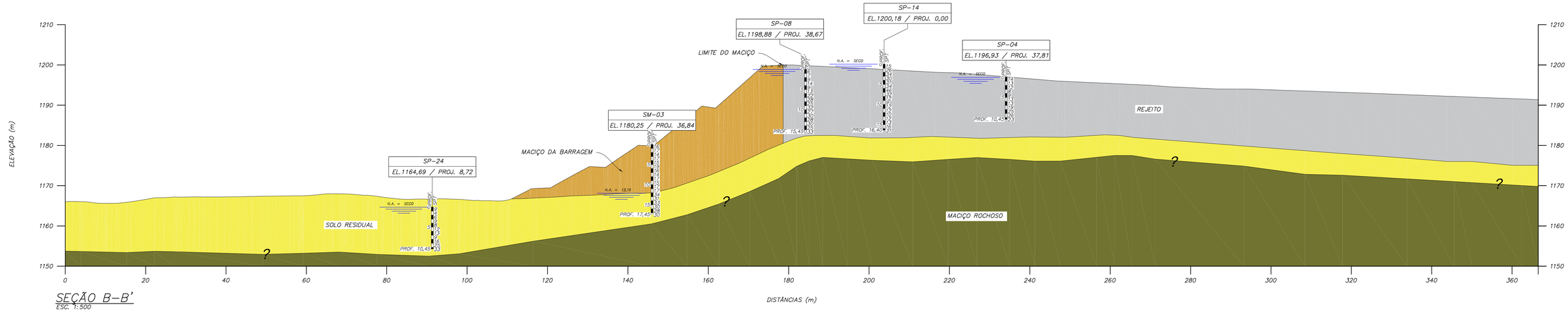
PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SITUAÇÃO ATUAL – INVESTIGAÇÕES EXECUTADAS
PLANTA

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0013	–	1

PE–G–601 – Rev 6 (A1)



SEÇÃO A–A'
ESC. 1:500



SEÇÃO B–B'
ESC. 1:500

LEGENDA:

- REJEITO
- SOLO RESIDUAL
- MACIÇO ROCHOSO
- MACIÇO DA BARRAGEM
- ? – CONTATO GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO INFERIDO

0 10 20 30 40 50m
ESCALA ORIGINAL 1:500

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19–263–1–EG–ETC–0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–EG–PLA–0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0002
6. INVESTIGAÇÕES REALIZADAS – PLANTA – DF19–263–1–EG–DWG–0013
7. PERFIL GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO – SEÇÕES A–A' a H–H' – DF19–263–1–EG–DWG–0015 a DF19–263–1–EG–DWG–0017

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
1	E	APROVADO – ATUALIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	FC	TS	TO	TO	MC	14/10/20
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

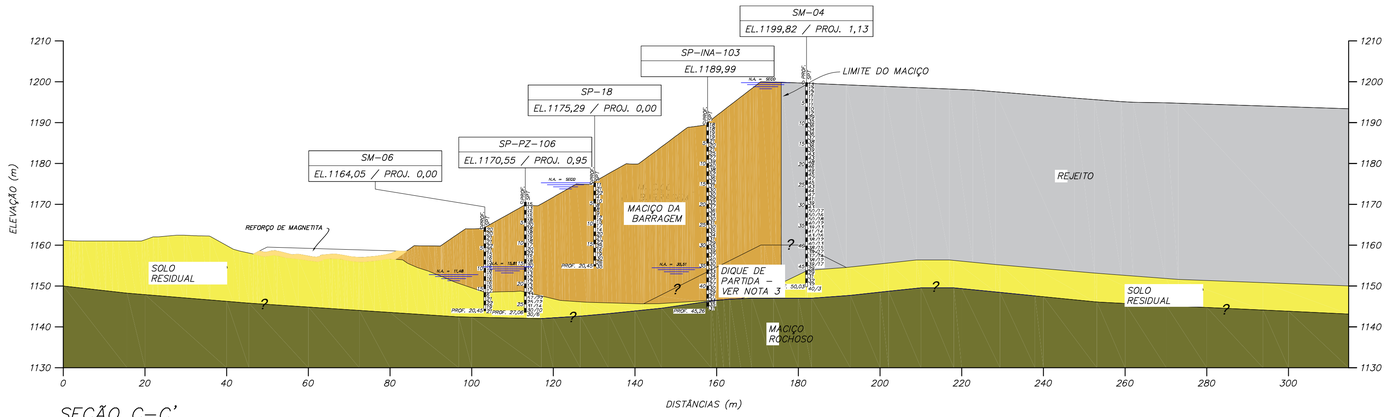
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

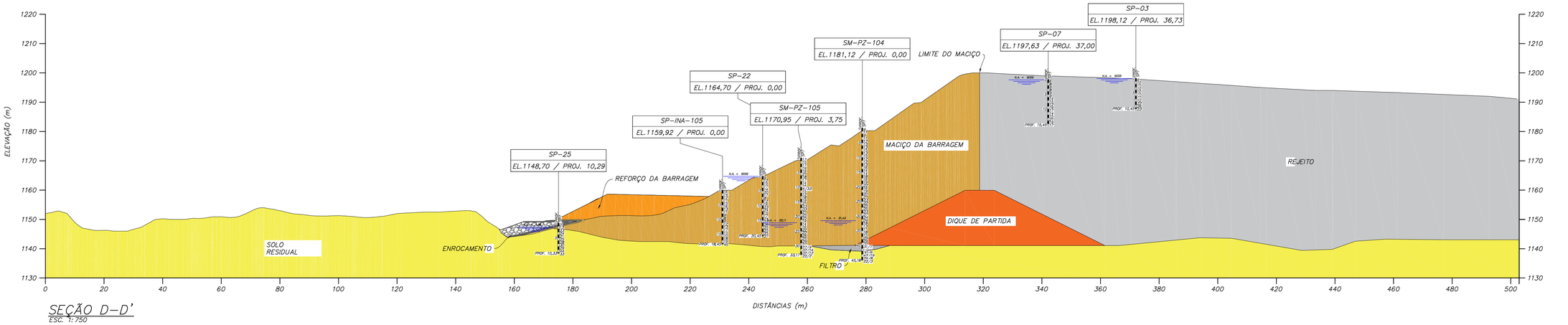
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SITUAÇÃO ATUAL – INVESTIGAÇÕES EXECUTADAS – PERFIL GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO
SEÇÕES A–A' E B–B'

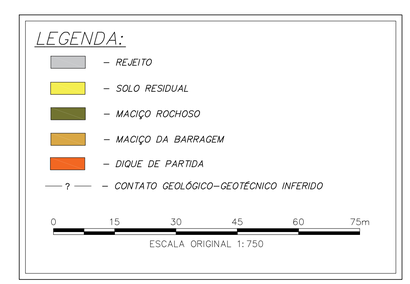
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0014	–	1



SEÇÃO C–C'
ESC. 1:750



SEÇÃO D–D'
ESC. 1:750



NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O CONTATO DO DIQUE FOI INFERIDO DEVIDO AS SONDAGENS EXISTENTES NÃO INTERCEPTAREM O MESMO.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19–263–1–EG–ETC–0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–EG–PLA–0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0002
6. INVESTIGAÇÕES REALIZADAS – PLANTA – DF19–263–1–EG–DWG–0013
7. PERFIL GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO – SEÇÕES A–A' a H–H' – DF19–263–1–EG–DWG–0014 e DF19–2631–EG–DWG–0016 a DF19–263–1–EG–DWG–0017

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
1	E	APROVADO – ATUALIZAÇÃO DOS CONTATOS GEOLÓGICOS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	FC	TS	TO	TO	MC	14/10/20
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

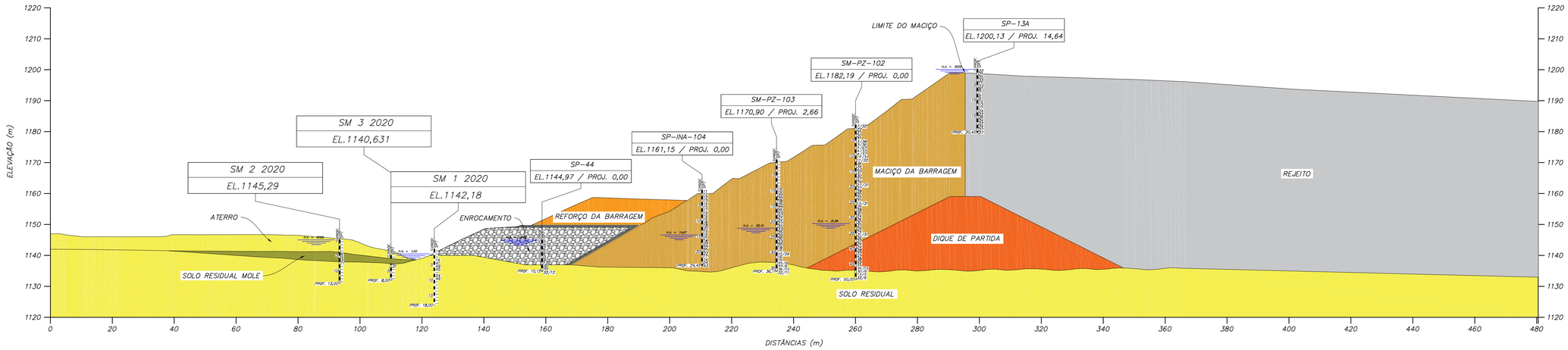
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,25
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

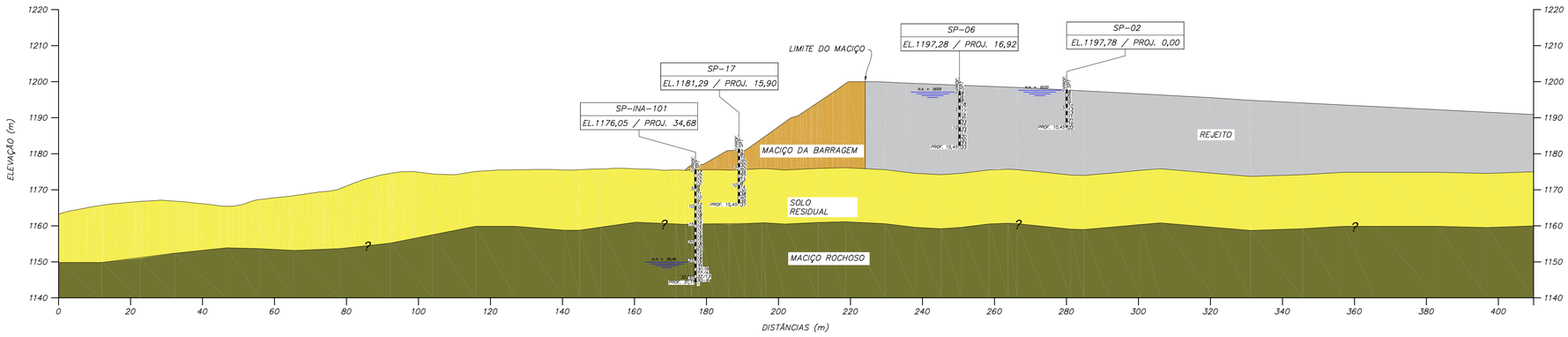
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR | Nº DO PROJETO: – | Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SITUAÇÃO ATUAL – INVESTIGAÇÕES EXECUTADAS – PERFIL GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO
SEÇÕES C–C' E D–D'

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0015	–	1



SEÇÃO E–E'
ESC. 1:750



SEÇÃO F–F'
ESC. 1:750

LEGENDA:

- REJEITO
- SOLO RESIDUAL
- MACIÇO ROCHOSO
- MACIÇO DA BARRAGEM
- DIQUE DE PARTIDA
- SOLO RESIDUAL MOLE
- ? – CONTATO GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO INFERIDO

0 15 30 45 60 75m
ESCALA ORIGINAL 1:750

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19–263–1–EG–ETC–0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–EG–PLA–0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0002
6. INVESTIGAÇÕES REALIZADAS – PLANTA – DF19–263–1–EG–DWG–0013
6. PERFIL GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO – SEÇÕES A–A' a H–H' – DF19–263–1–EG–DWG–0014 E DF19–2631–EG–DWG–0015 A DF19–263–1–EG–DWG–0017

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
1	E	APROVADO – ATUALIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	FC	TS	TO	TO	MC	14/10/20
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	25/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

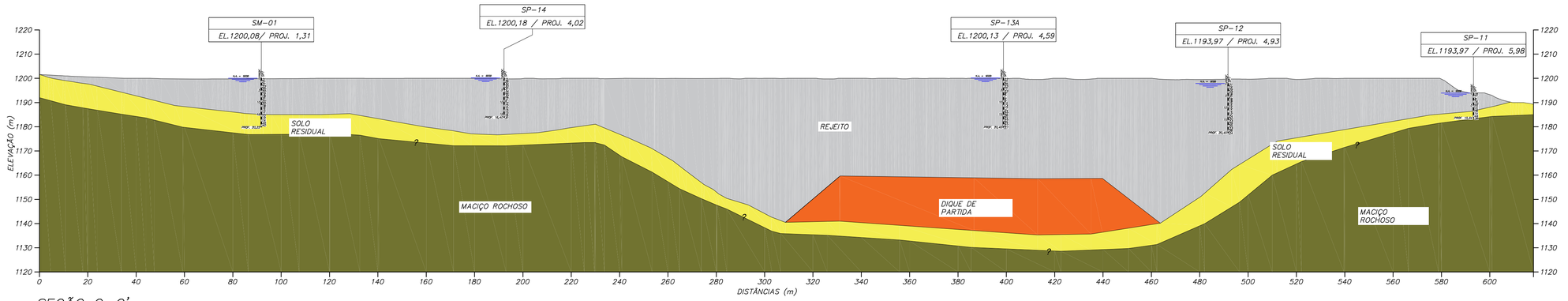
Mosaic Fertilizantes

df+

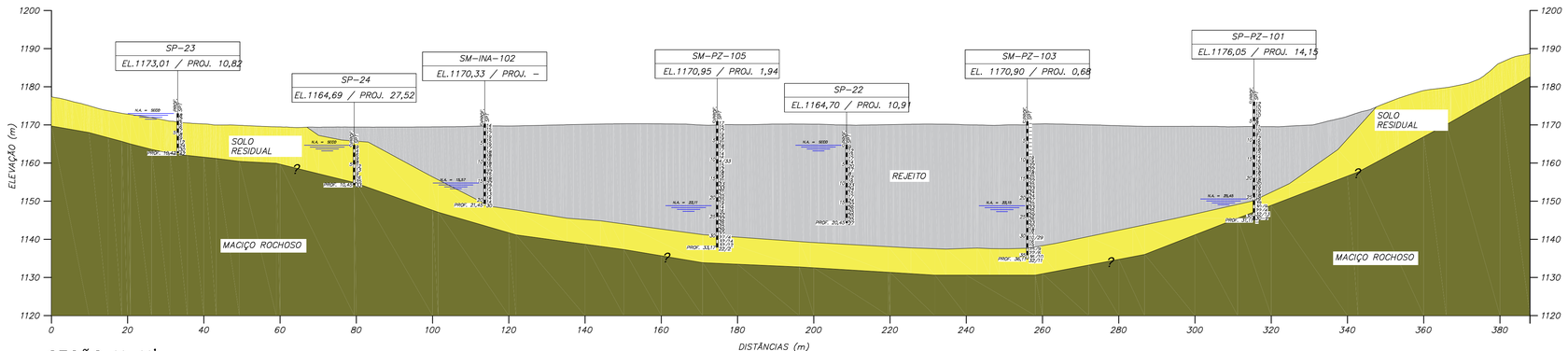
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SITUAÇÃO ATUAL – INVESTIGAÇÕES EXECUTADAS – PERFIL GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO
SEÇÕES E–E' E F–F'

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0016	–	1



SEÇÃO G–G'
ESC. 1:1.000



SEÇÃO H–H'
ESC. 1:750

LEGENDA:

- REJEITO
- SOLO RESIDUAL
- MACIÇO ROCHOSO
- DIQUE DE PARTIDA
- ? — CONTATO GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO INFERIDO

0 20 40 60 80 100m
ESCALA ORIGINAL 1:1.000

0 15 30 45 60 75m
ESCALA ORIGINAL 1:750

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19–263–1–EG–ETC–0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–EG–PLA–0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0002
6. INVESTIGAÇÕES REALIZADAS – PLANTA – DF19–263–1–EG–DWG–0013
6. PERFIL GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO – SEÇÕES A–A' a H–H' – DF19–263–1–EG–DWG–0014 a DF19–2631–EG–DWG–0016

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
1	E	APROVADO – ATUALIZAÇÃO DOS CONTATOS GEOLÓGICOS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	FC	TS	TO	TO	MC	14/10/20
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	MC	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

odf

PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR | Nº DO PROJETO: – | Nº DA SE: –

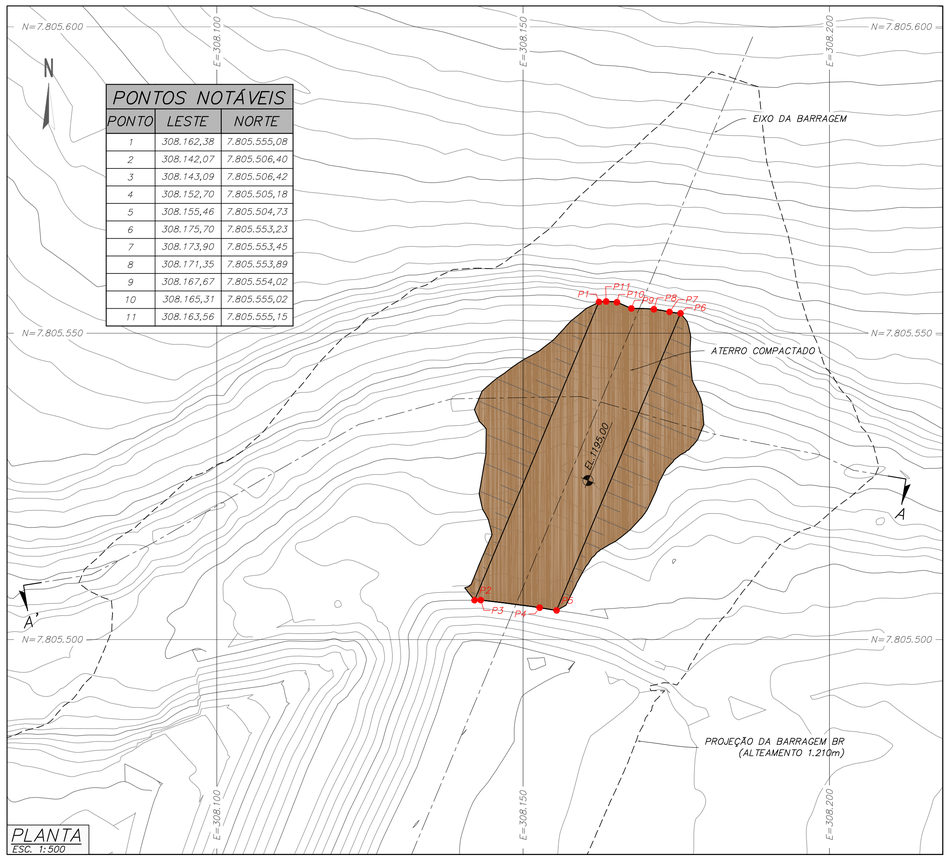
PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SITUAÇÃO ATUAL – INVESTIGAÇÕES EXECUTADAS – PERFIL GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO
SEÇÕES G–G' E H–H'

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0017	–	1

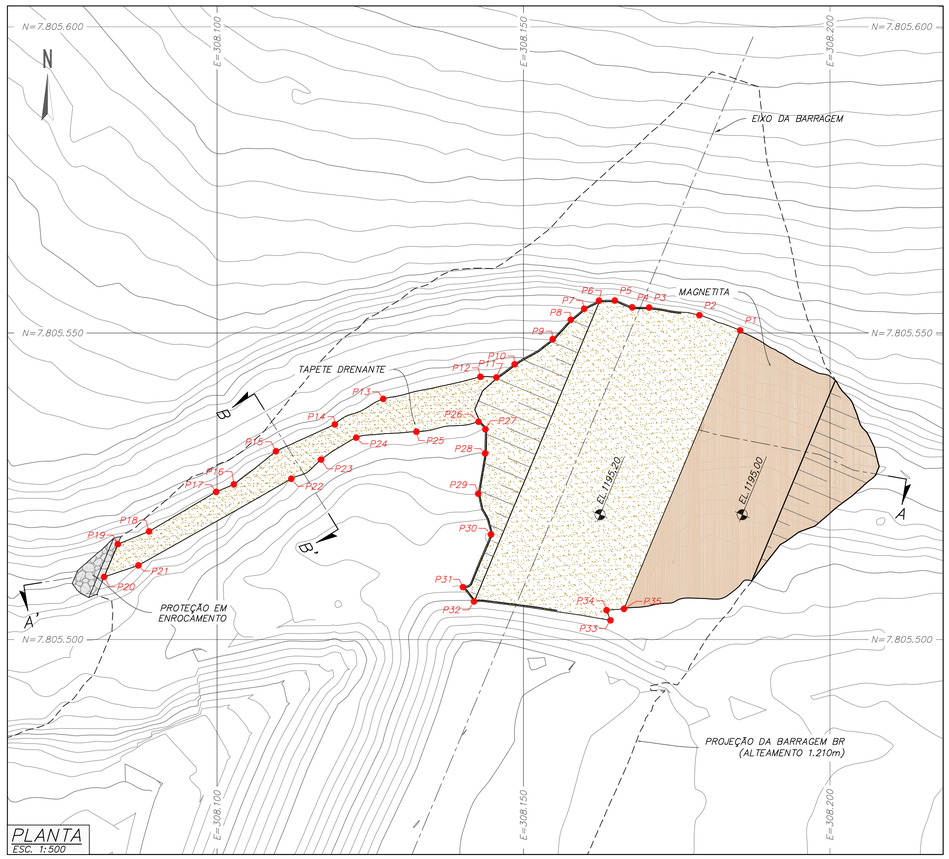
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

PONTOS NOTÁVEIS

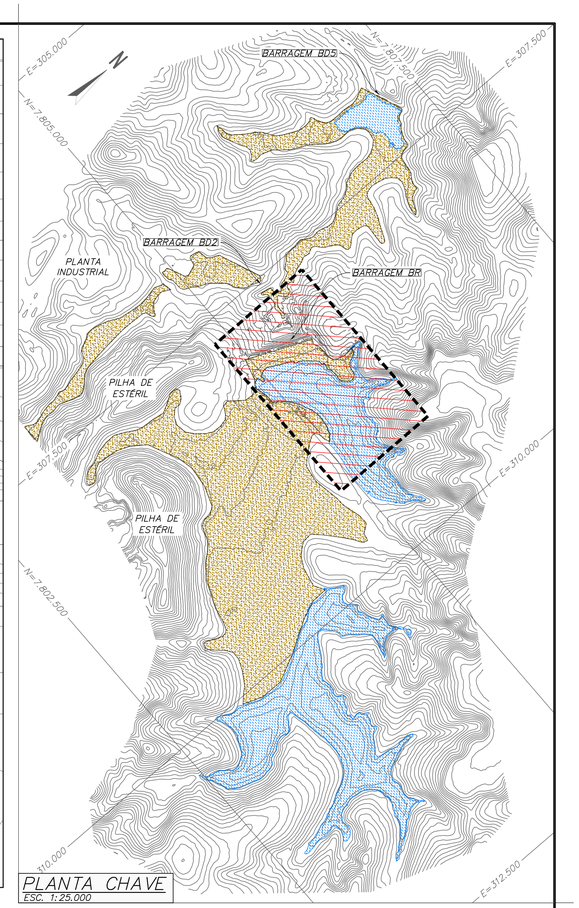
PONTO	LESTE	NORTE
1	308.162,38	7.805.555,08
2	308.142,07	7.805.506,40
3	308.143,09	7.805.506,42
4	308.152,70	7.805.505,18
5	308.155,46	7.805.504,73
6	308.175,70	7.805.553,23
7	308.173,90	7.805.553,45
8	308.171,35	7.805.553,89
9	308.167,67	7.805.554,02
10	308.165,31	7.805.555,02
11	308.163,56	7.805.555,15



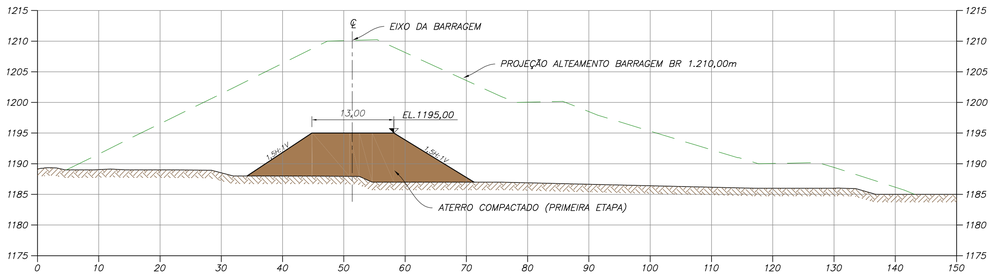
PLANTA
ESC. 1:500



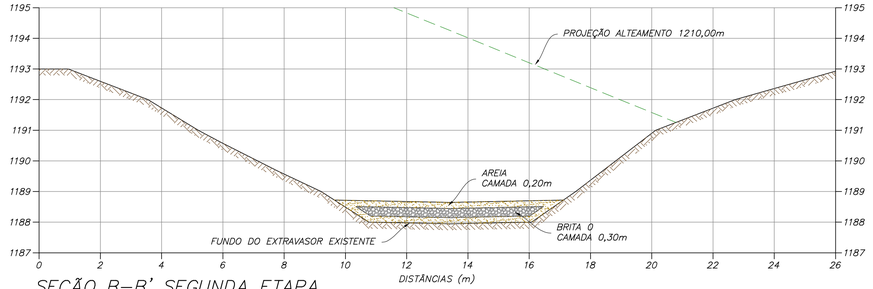
PLANTA
ESC. 1:500



PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000



SEÇÃO A–A' PRIMEIRA ETAPA
ESC. 1:500



SEÇÃO B–B' SEGUNDA ETAPA
ESC. 1:500

LEGENDA:

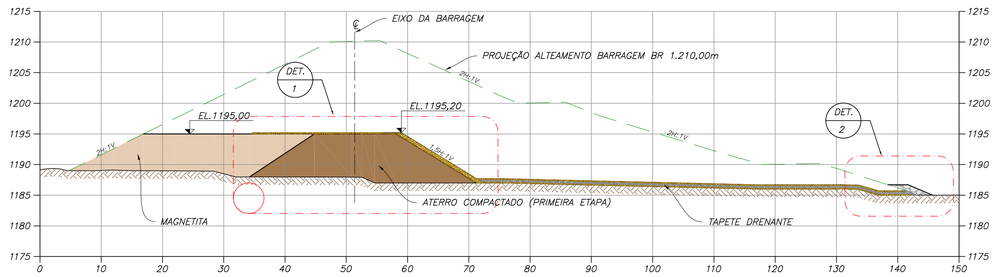
- CURVAS DE NÍVEL (BASE TOPOGRÁFICA)
- ATERRO COMPACTADO PRIMEIRA ETAPA
- ATERRO COMPACTADO SEGUNDA ETAPA
- AREIA
- BRITA 0
- BRITA 3
- ENROCAMENTO
- LAGO
- PROJEÇÃO ALTEAMENTO BARRAGEM BR 1.210,00m

ESCALA ORIGINAL 1:150

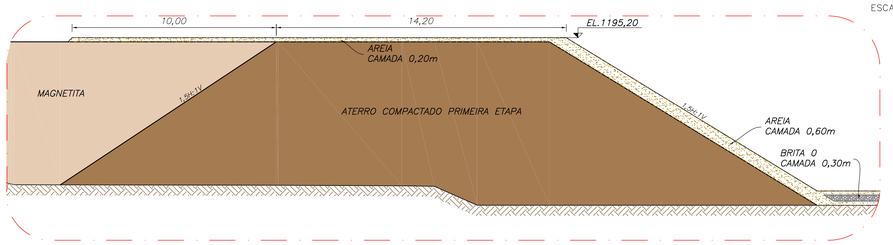
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

ESCALA ORIGINAL 1:100

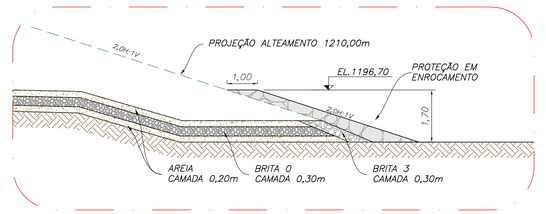
ESCALA ORIGINAL 1:500



SEÇÃO A–A' SEGUNDA ETAPA
ESC. 1:500



DETALHE 01
ESC. 1:150



DETALHE 02
ESC. 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001.
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0003.
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19–263–1–EG–ETC–0001.
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–EG–PLA–0001.
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0002.

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	29/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	05/06/20

REVISÕES

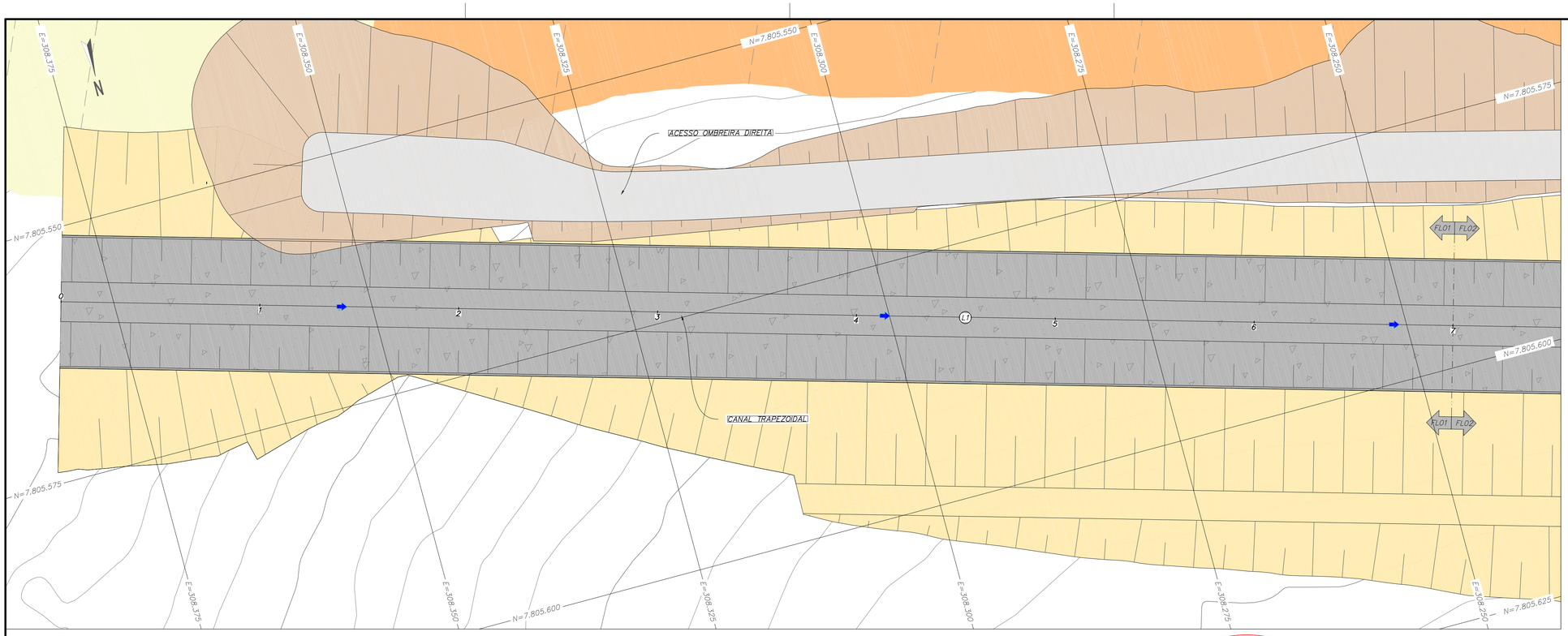
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

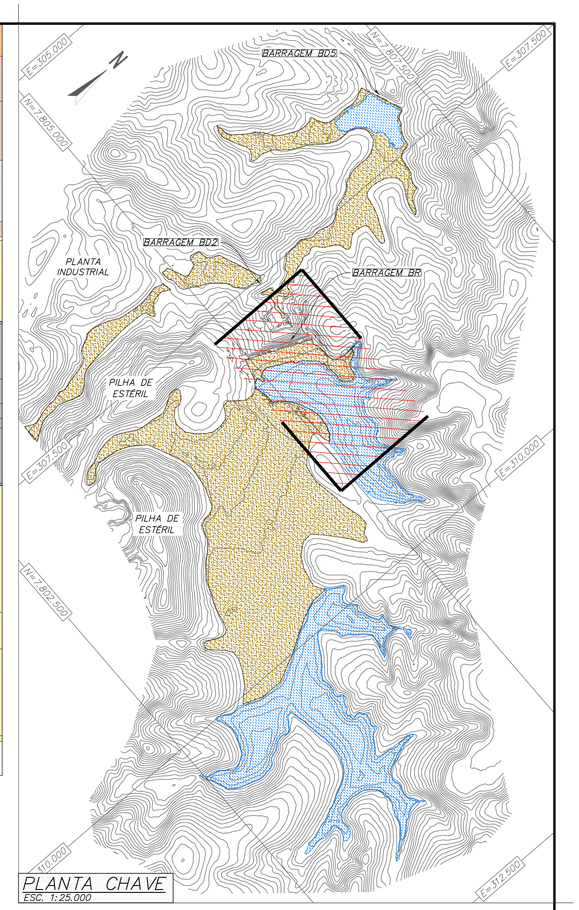
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
MACIÇO – PREENCHIMENTO DO SISTEMA EXTRAVASOR ATUAL
PLANTA, SEÇÕES, DETALHES E QUADRO DE LOCAÇÃO

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0025	–	0

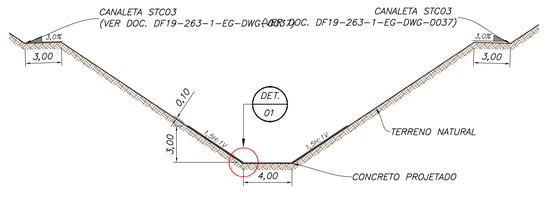


PLANTA – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 0 A 7
ESC. 1:250

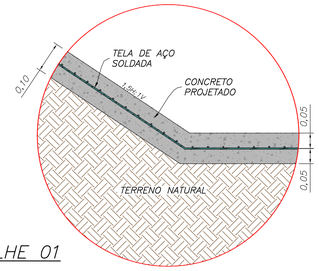


PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

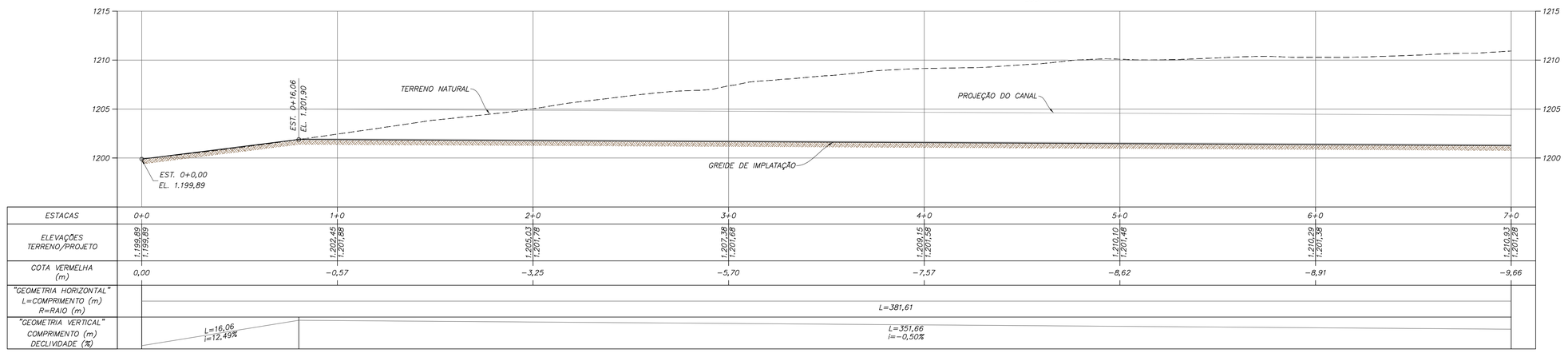
QUADRO DE LOCAÇÃO: SISTEMA EXTRAVASOR EL. 1210 M				
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	L (m)
L1	EST.: 0+0,00 E: 308.380,10 N: 7.805.557,31	EST.: 19+1,61 E: 308.013,25 N: 7.805.662,41	N74°00'49,00"W	381,61



SEÇÃO TÍPICA CANAL TRAPEZOIDAL
ESC. 1:250



DETALHE 01
ESC. 1:10



ESTACAS	0+0	1+0	2+0	3+0	4+0	5+0	6+0	7+0
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.199,89 1.199,89	1.202,45 1.201,88	1.205,03 1.201,78	1.207,38 1.201,68	1.209,15 1.201,58	1.210,10 1.201,48	1.210,29 1.201,38	1.210,93 1.201,28
COTA VERMELHA (m)	0,00	−0,57	−3,25	−5,70	−7,57	−8,62	−8,91	−9,66
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)	L=381,61							
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)	L=16,06 i=12,49%	L=351,66 i=−0,50%						

PERFIL LONGITUDINAL – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 0 A 7
ESC. 1:250

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- CONCRETO PROJETADO
- CONCRETO PAREDE (SEÇÃO/PROJEÇÃO)
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- PROJEÇÃO DO CANAL
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LAGO
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1m
ESCALA ORIGINAL 1:10

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19-263-1-ETC-0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-PLA-0001
5. SISTEMA EXTRAVASOR – PLANTA, PERFIL, SEÇÃO TÍPICA E DETALHE FL. 02/05 A 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0027 A DF19-263-1-EG-DWG-0030
6. SISTEMA EXTRAVASOR – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/05 A 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0031 A DF19-263-1-EG-DWG-0035
7. DRENAGEM SUPERFICIAL – SEÇÕES E DETALHES – DF19-263-1-EG-DWG-0037

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

CORES PARA INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

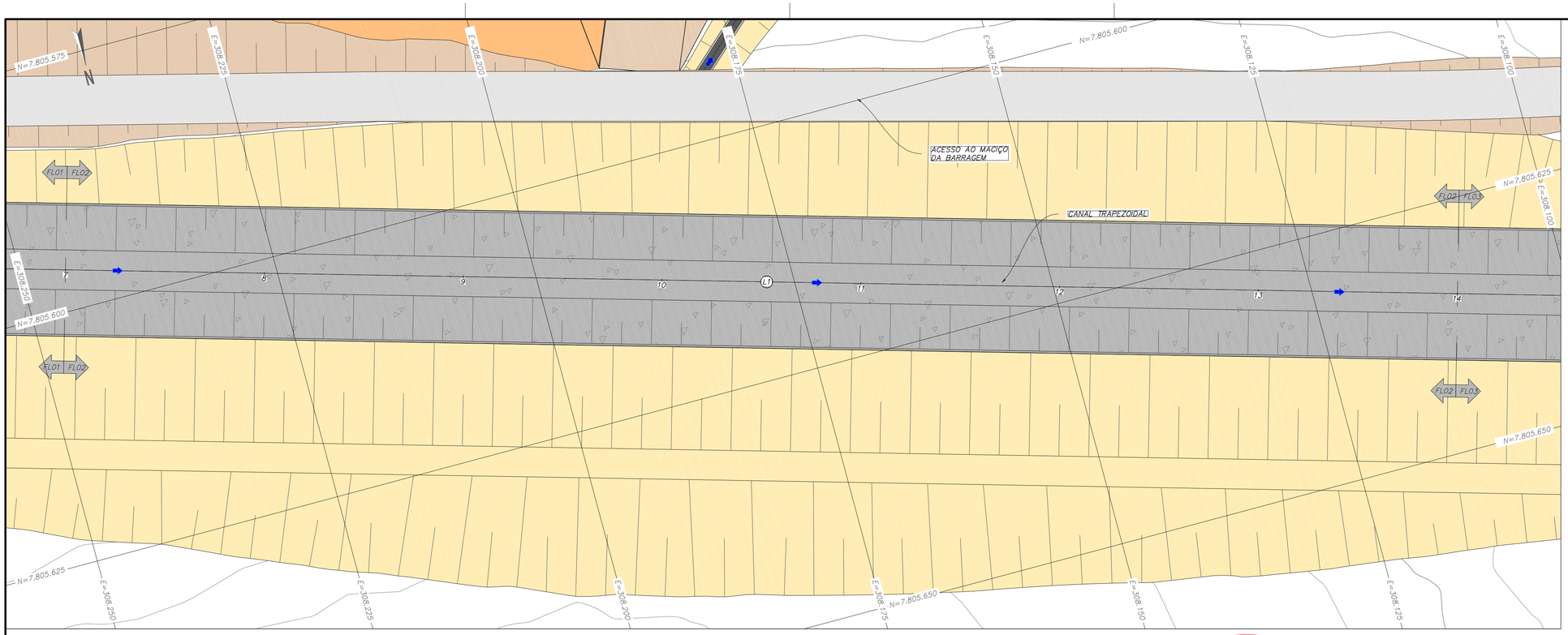
Mosaic Fertilizantes

odf

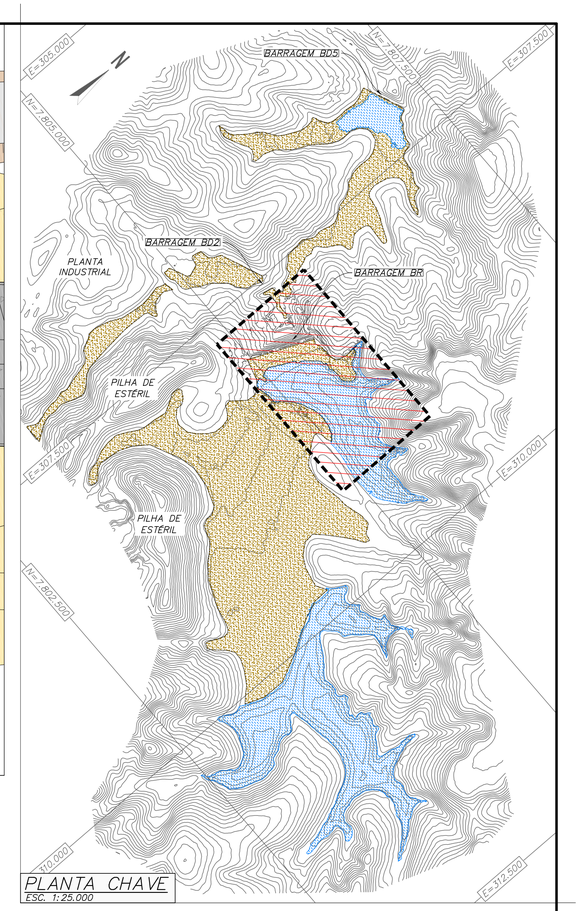
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
PLANTA, PERFIL, SEÇÃO TÍPICA E DETALHE FL. 01/05

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0026	–	0

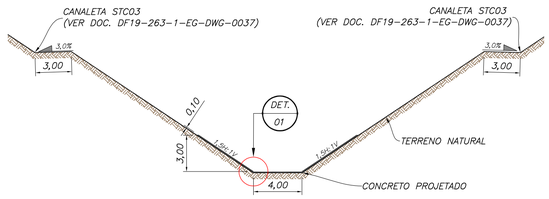


PLANTA – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 7 A 14
ESC. 1:250

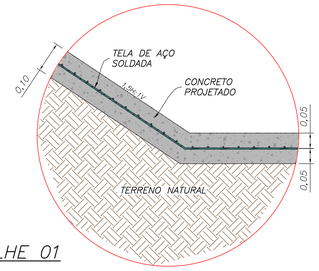


PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

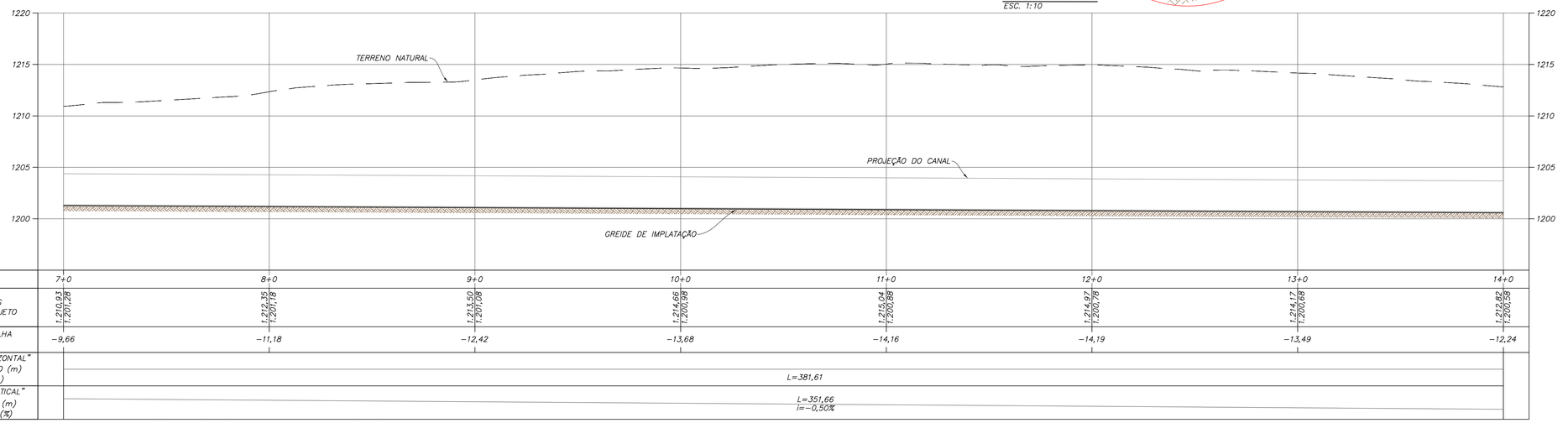
QUADRO DE LOCAÇÃO: SISTEMA EXTRAVASOR EL. 1210 M				
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	L (m)
L1	EST.: 0+0,00 E: 308.380,10 N: 7.805.557,31	EST.: 19+1,61 E: 308.013,25 N: 7.805.662,41	N74°00'49,00"W	381,61



SEÇÃO TÍPICA CANAL TRAPEZOIDAL
ESC. 1:250



DETALHE 01
ESC. 1:10



ESTACAS	7+0	8+0	9+0	10+0	11+0	12+0	13+0	14+0
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.210,93 1.201,28	1.213,35 1.201,18	1.213,50 1.201,08	1.214,66 1.200,98	1.215,04 1.200,88	1.214,97 1.200,78	1.214,17 1.200,68	1.213,82 1.200,58
COTA VERMELHA (m)	−9,66	−11,18	−12,42	−13,68	−14,16	−14,19	−13,49	−12,24
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)	L=381,61							
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)	L=351,66 I=−0,50%							

PERFIL LONGITUDINAL – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 7 A 14
ESC. 1:250

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- CONCRETO PROJETADO
- CONCRETO PAREDE (SEÇÃO/PROJEÇÃO)
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- PROJEÇÃO DO CANAL
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LAGO
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA

0 0,2 0,4 0,6 0,8 1m
ESCALA ORIGINAL 1:10

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19-263-1-ETC-0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-PLA-0001
5. SISTEMA EXTRAVASOR – PLANTA, PERFIL, SEÇÃO TÍPICA E DETALHE FL. 01/05 E 03/05 A 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0026 E DF19-263-1-EG-DWG-0028 A DF19-263-1-EG-DWG-0030
6. SISTEMA EXTRAVASOR – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/05 A 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0031 A DF19-263-1-EG-DWG-0035
7. DRENAGEM SUPERFICIAL – SEÇÕES E DETALHES – DF19-263-1-EG-DWG-0037

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

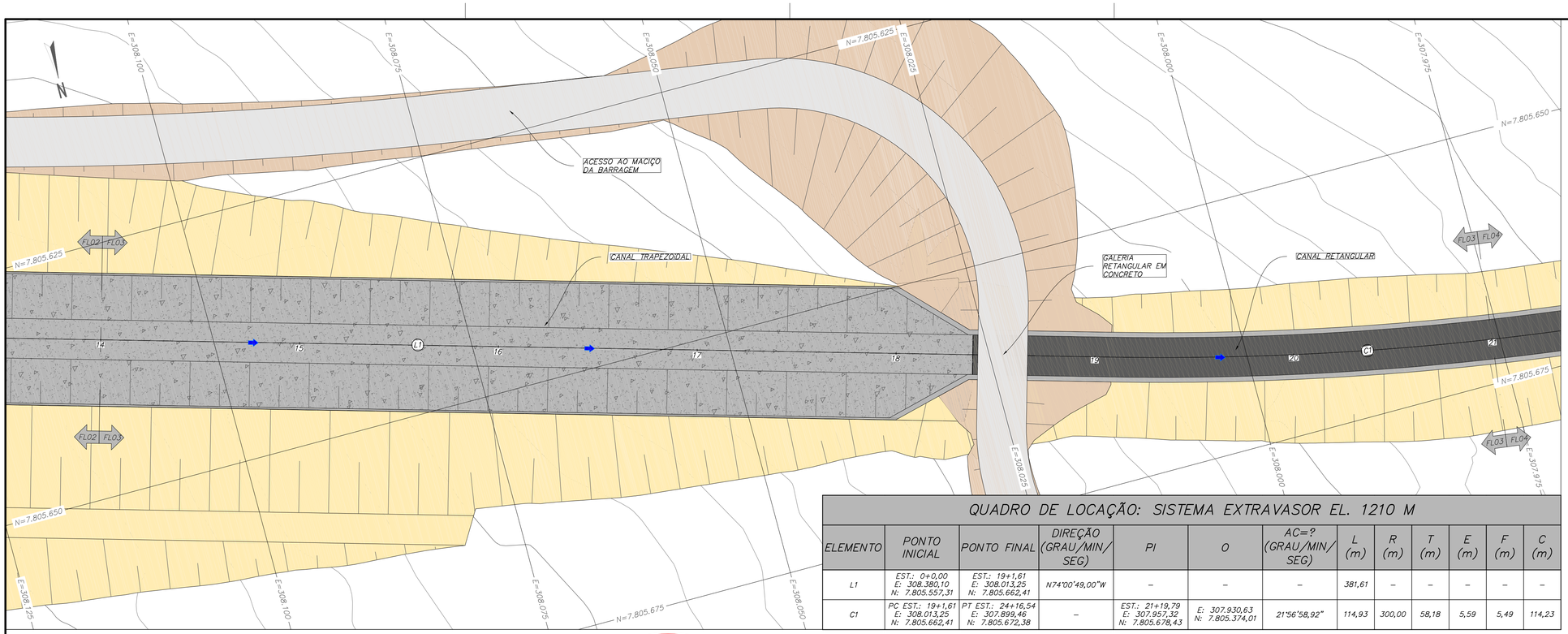
CONVENÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

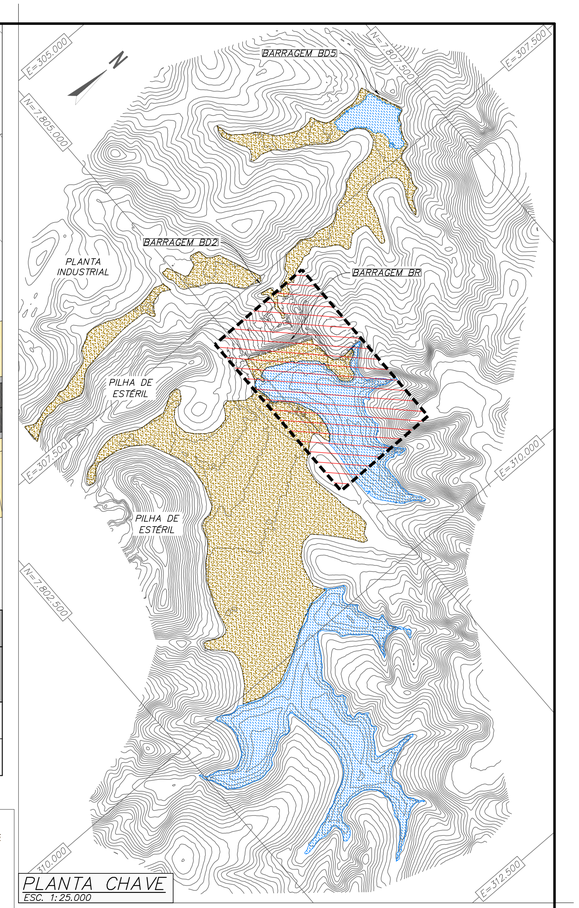
Mosaic Fertilizantes

PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
PLANTA, PERFIL, SEÇÃO TÍPICA E DETALHE FL. 02/05

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0027	–	0

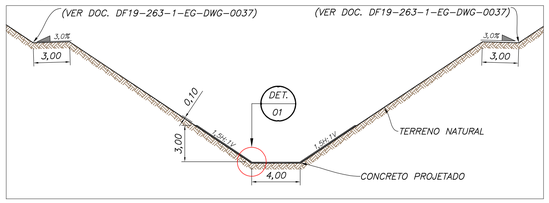




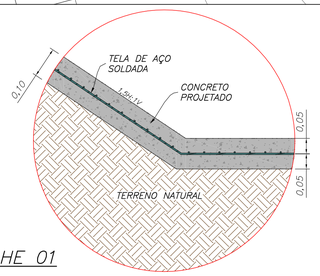
PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

QUADRO DE LOCAÇÃO: SISTEMA EXTRAVASOR EL. 1210 M												
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
L1	EST.: 0+0,00 E: 308.380,10 N: 7.805.557,31	EST.: 19+1,61 E: 308.013,25 N: 7.805.662,41	N74°00'49,00"W	–	–	–	381,61	–	–	–	–	–
C1	PC EST.: 19+1,61 E: 308.013,25 N: 7.805.662,41	PT EST.: 24+16,54 E: 307.899,46 N: 7.805.672,38	–	EST.: 21+19,79 E: 307.957,32 N: 7.805.678,43	E: 307.930,63 N: 7.805.374,01	21°56'58,92"	114,93	300,00	58,18	5,59	5,49	114,23

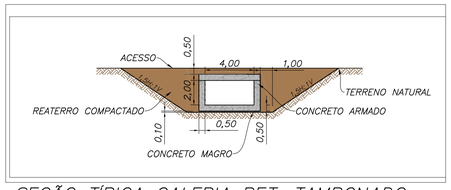
PLANTA – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 14 A 21
ESC. 1:250



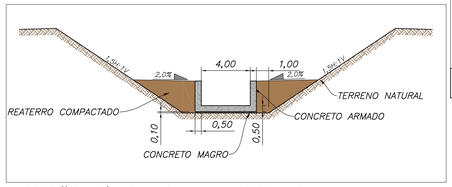
SEÇÃO TÍPICA CANAL TRAPEZOIDAL
ESC. 1:250



DETALHE 01
ESC. 1:10

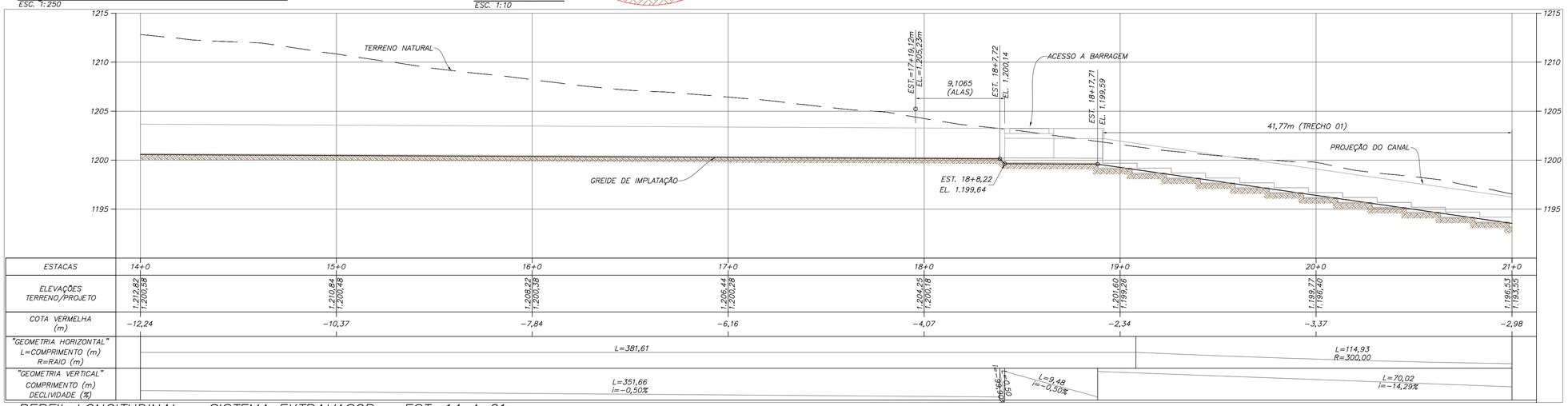


SEÇÃO TÍPICA GALERIA RET. TAMPONADO
ESC. 1:250



SEÇÃO TÍPICA CANAL RETANGULAR
ESC. 1:250

TABELA DIMENSIONAMENTO ESCADA		
TRECHOS	ALTURA (m)	COMPRIMENTO (m)
TRECHO 01	0,50	3,50



PERFIL LONGITUDINAL – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 14 A 21
ESC. 1:250

LEGENDA:
- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- CONCRETO PROJETADO
- CONCRETO PAREDE (SEÇÃO/PROJEÇÃO)
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- PROJEÇÃO DO CANAL
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LAGO
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- PRAIA DE REJEITO SUBMERSA

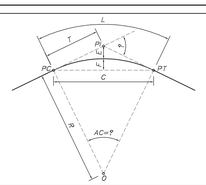
0 0,2 0,4 0,6 0,8 1m
ESCALA ORIGINAL 1:10

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS
1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO



DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA
1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19-263-1-ETC-0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-PLA-0001
5. SISTEMA EXTRAVASOR – PLANTA, PERFIL, SEÇÃO TÍPICA E DETALHE FL. 01/05 A 02/05 E 04/05 A 05/05 – DF19-263-1-EG-DWG-0026 A DF19-263-1-EG-DWG-0027 E DF19-263-1-EG-DWG-0029 A DF19-263-1-EG-DWG-0030
6. SISTEMA EXTRAVASOR – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/05 A 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0031 A DF19-263-1-EG-DWG-0035
7. DRENAGEM SUPERFICIAL – SEÇÕES E DETALHES – DF19-263-1-EG-DWG-0037

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

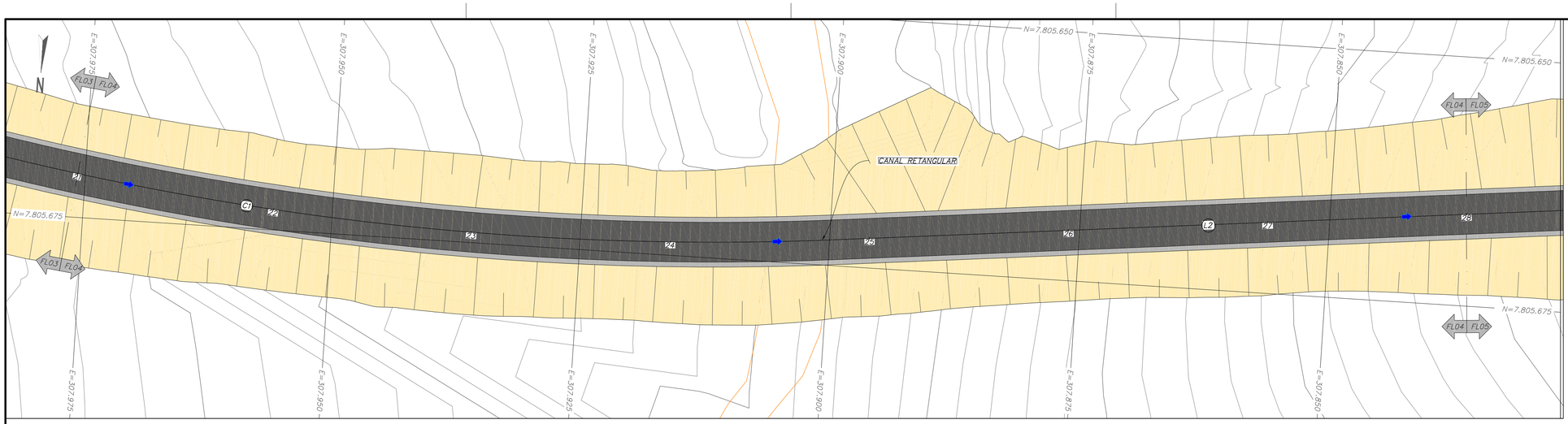
CORES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

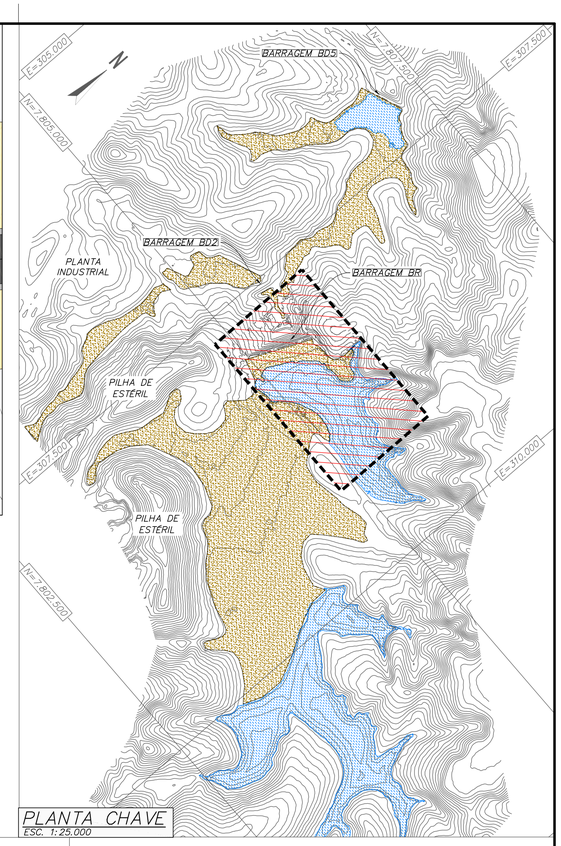
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
PLANTA, PERFIL, SEÇÃO TÍPICA E DETALHE FL. 03/05

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0028	–	0



PLANTA – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 21 A 28
ESC. 1:250

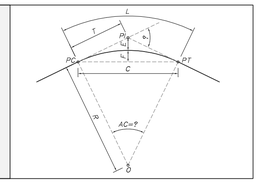


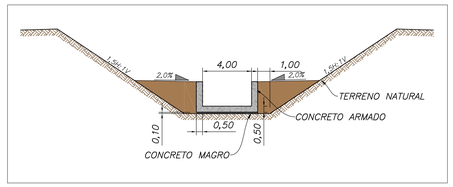
PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

QUADRO DE LOCAÇÃO: SISTEMA EXTRAVASOR EL. 1210 M

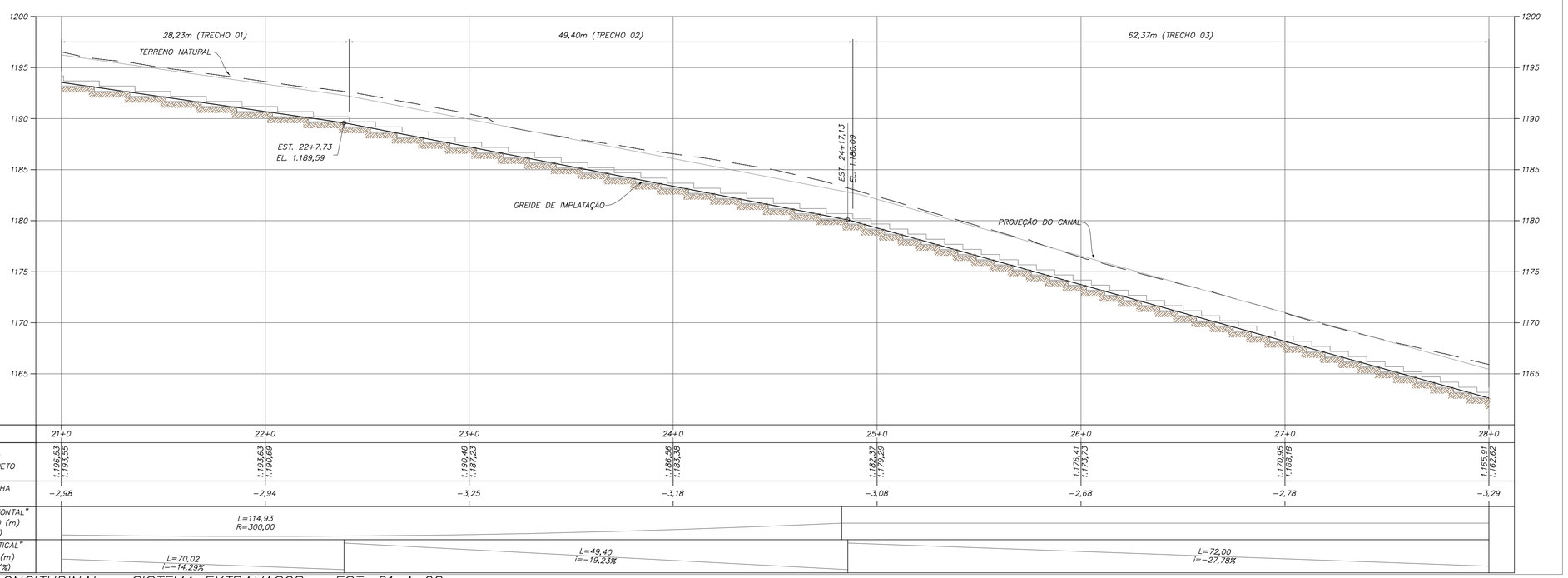
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	Ø	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C1	PC EST.: 19+1,61 E: 308.013,25 N: 7.805.662,41	PT EST.: 24+16,54 E: 307.899,46 N: 7.805.672,38	–	EST.: 21+19,79 E: 307.957,32 N: 7.805.678,43	E: 307.930,63 N: 7.805.374,01	21°56'58,92"	114,93	300,00	58,18	5,59	5,49	114,23
L2	EST.: 24+16,54 E: 307.899,46 N: 7.805.672,38	EST.: 35+0,00 E: 307.707,04 N: 7.805.652,29	S84°02'12,08"W	–	–	–	193,46	–	–	–	–	–

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO





SEÇÃO TÍPICA CANAL RETANGULAR
ESC. 1:250



ESTACAS	21+0	22+0	23+0	24+0	25+0	26+0	27+0	28+0
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.196,63 1.193,35	1.193,63 1.190,69	1.190,48 1.187,23	1.186,56 1.183,38	1.182,37 1.179,29	1.176,41 1.173,73	1.170,95 1.168,16	1.165,91 1.162,62
COTA VERMELHA (m)	−2,98	−2,94	−3,25	−3,18	−3,08	−2,68	−2,78	−3,29
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)		L=114,93 R=300,00						
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)		L=70,02 I=−14,29%		L=49,40 I=−19,23%		L=72,00 I=−27,78%		

PERFIL LONGITUDINAL – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 21 A 28
ESC. 1:250

TABELA DIMENSIONAMENTO ESCADA

TRECHOS	ALTURA (m)	COMPRIMENTO (m)
TRECHO 01	0,50	3,50
TRECHO 02	0,50	2,60
TRECHO 03	0,50	1,80

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- CONCRETO
- CONCRETO PROJETADO
- CONCRETO PAREDE (SEÇÃO/PROJEÇÃO)
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- PROJEÇÃO DO CANAL
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LAGO
- VIA DE ACESSO EXISTENTE
- CONCRETO ARMADO (SEÇÃO)
- REATERRO COMPACTADO

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19-263-1-ETC-0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-PLA-0001
5. SISTEMA EXTRAVASOR – PLANTA, PERFIL, SEÇÃO TÍPICA E DETALHE FL. 01/05 A 03/05 E 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0026 A DF19-263-1-EG-DWG-0028 E DF19-263-1-EG-DWG-0030
6. SISTEMA EXTRAVASOR – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/05 A 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0031 A DF19-263-1-EG-DWG-0035

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

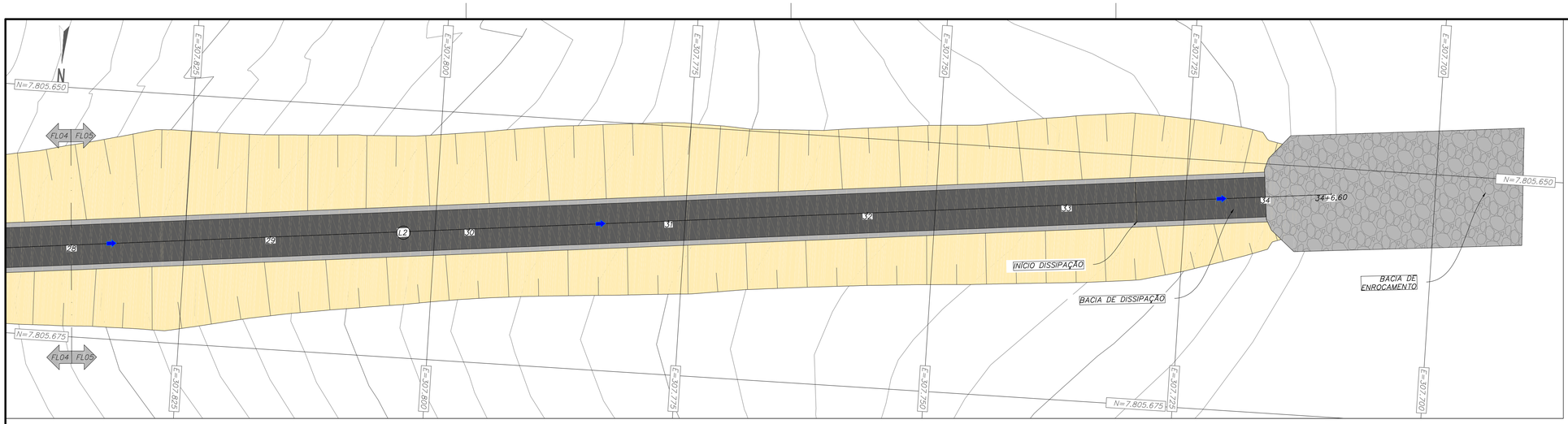
Mosaic Fertilizantes

PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

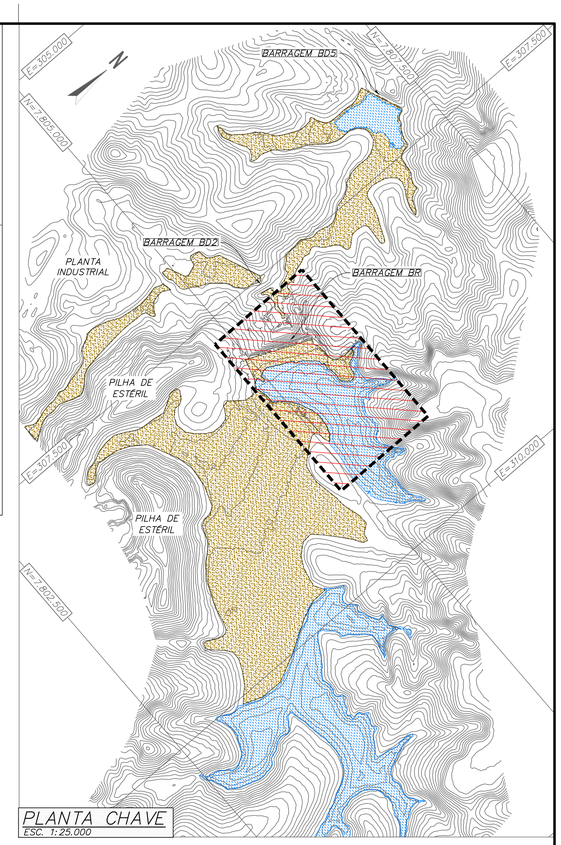
PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
PLANTA, PERFIL, SEÇÃO TÍPICA E DETALHE FL. 04/05

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0029	–	0

PE-G-601 – Rev 6 (A1)

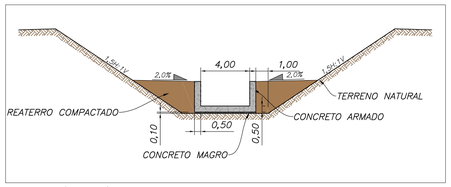


PLANTA – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 28 A 34+6,60
ESC. 1:250



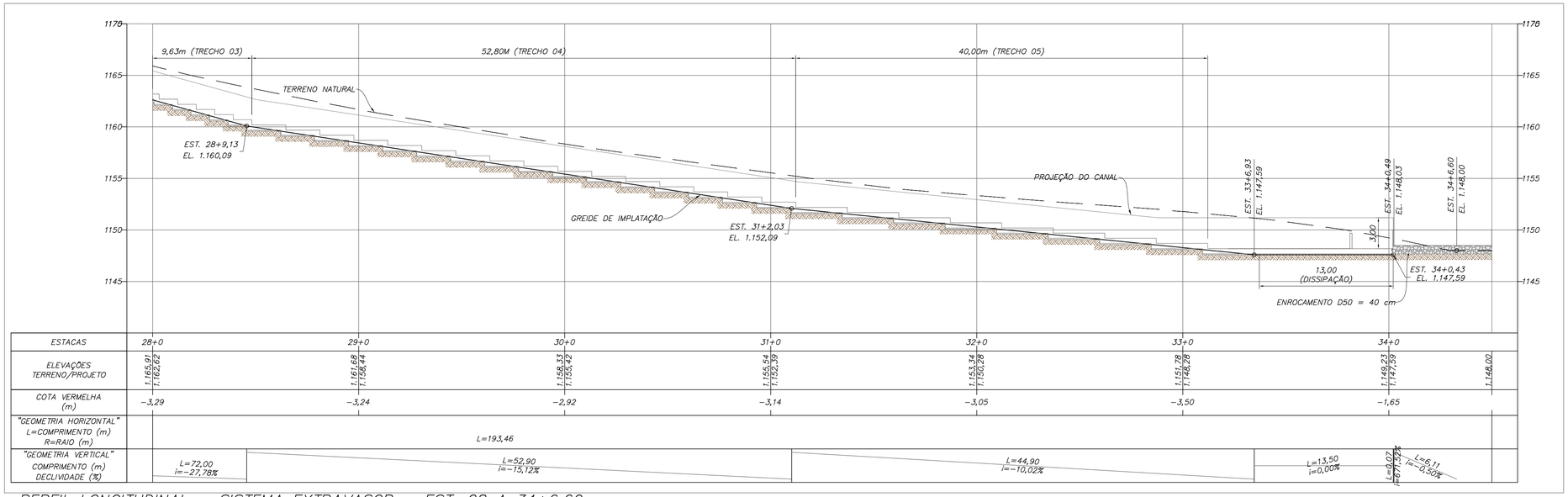
PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

QUADRO DE LOCAÇÃO: SISTEMA EXTRAVASOR EL. 1210 M				
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	L (m)
L2	EST.: 24+16,54 E: 307.899,46 N: 7.805.672,38	EST.: 35+0,00 E: 307.707,04 N: 7.805.652,29	S84°02'12,08"W	193,46



SEÇÃO TÍPICA CANAL RETANGULAR
ESC. 1:250

TABELA DIMENSIONAMENTO ESCADA		
TRECHOS	ALTURA (m)	COMPRIMENTO (m)
TRECHO 03	0,50	1,80
TRECHO 04	0,50	3,30
TRECHO 05	0,50	5,00



ESTACAS	28+0	29+0	30+0	31+0	32+0	33+0	34+0	
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.165,91 1.162,62	1.161,68 1.158,44	1.158,33 1.155,42	1.155,54 1.152,39	1.153,34 1.150,28	1.151,78 1.148,28	1.149,23 1.147,59	1.148,00
COTA VERMELHA (m)	−3,29	−3,24	−2,92	−3,14	−3,05	−3,50	−1,65	
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)	L=193,46							
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)	L=72,00 i=−27,78%	L=52,90 i=−15,12%		L=44,90 i=−10,02%		L=13,50 i=0,00%	L=0,07 i=67,15% L=6,11 i=−0,50%	

PERFIL LONGITUDINAL – SISTEMA EXTRAVASOR – EST. 28 A 34+6,60
ESC. 1:250

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- CONCRETO ARMADO (PLANTA)
- CONCRETO PROJETADO
- CONCRETO PAREDE (SEÇÃO/PROJEÇÃO)
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- PROJEÇÃO DO CANAL
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- CONCRETO ARMADO (SEÇÃO)
- ENROCAMENTO
- REATERRO COMPACTADO

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. Base Topográfica – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. Relatório Técnico – DF19–263–1–EG–RTE–0003
3. Especificação Técnica – DF19–263–1–ETC–0001
4. Planilha de Quantidades – DF19–263–1–PLA–0001
5. Sistema Extravasor – Planta, Perfil, Seção Típica e Detalhe FL. 01/05 a 04/05 DF19–263–1–EG–DWG–0026 a DF19–263–1–EG–DWG–0029
6. Sistema Extravasor – Seções Transversais FL. 01/05 a 05/05 DF19–263–1–EG–DWG–0031 a DF19–263–1–EG–DWG–0035

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

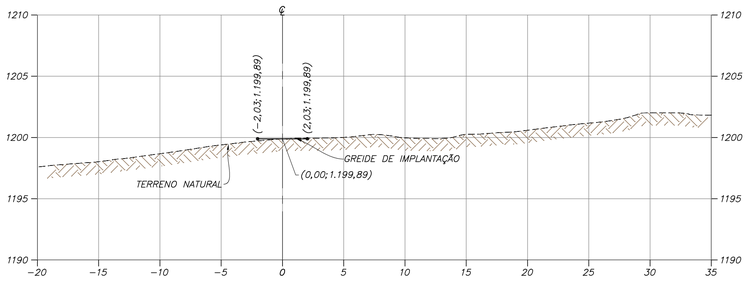
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

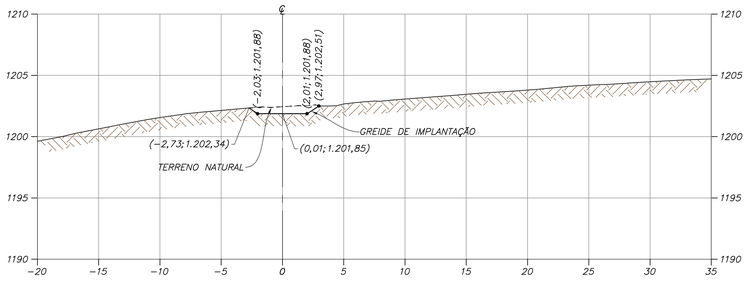
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
PLANTA, PERFIL, SEÇÃO TÍPICA E DETALHE FL. 05/05

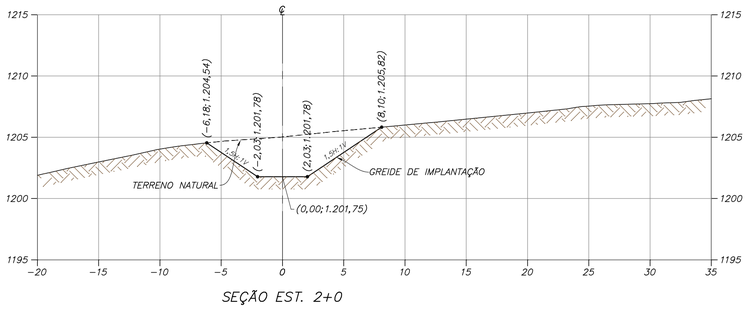
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0030	–	A



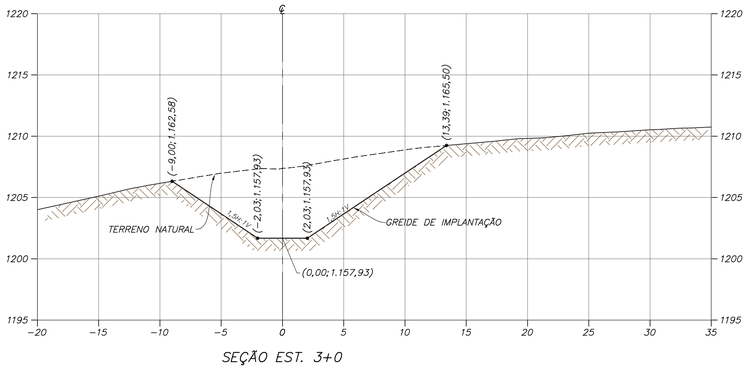
SEÇÃO EST. 0+0



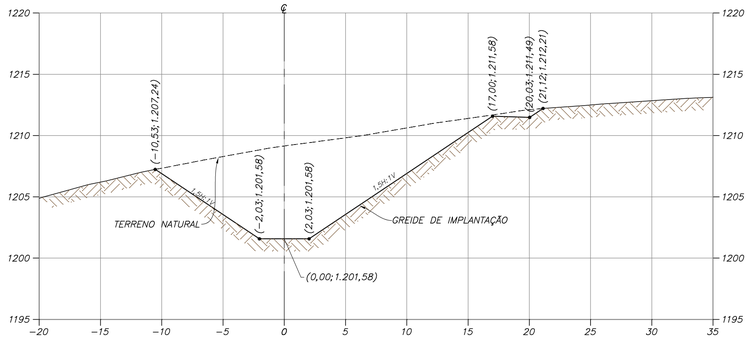
SEÇÃO EST. 1+0



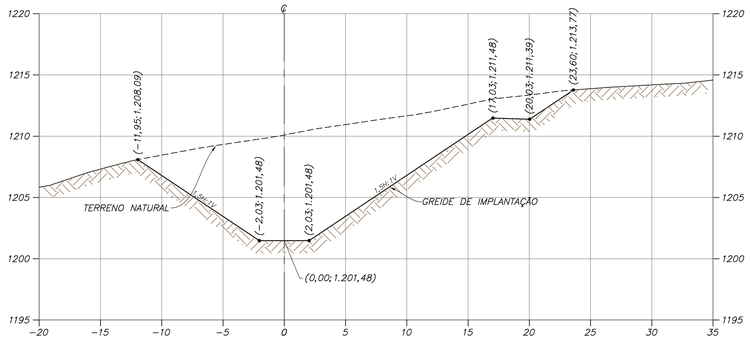
SEÇÃO EST. 2+0



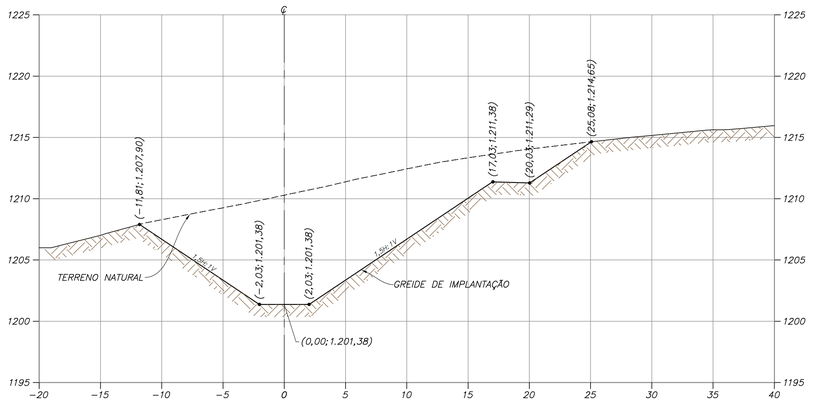
SEÇÃO EST. 3+0



SEÇÃO EST. 4+0



SEÇÃO EST. 5+0



SEÇÃO EST. 6+0

SEÇÕES TRANSVERSAIS – SISTEMA EXTRAVASOR

ESC. 1:250

LEGENDA:

- – TERRENO NATURAL ESCAVADO
- – TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- – PROJEÇÃO DO CANAL
- • (3,10;873,41) – DISTÂNCIA DO EIXO; ELEVAÇÃO

0 5 10 15 20 25m

ESCALA ORIGINAL 1:250

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. Base Topográfica – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. Relatório Técnico – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. Especificação Técnica – DF19-263-1-ETC-0001
4. Planilha de Quantidades – DF19-263-1-PLA-0001
5. Sistema Extravasor – Planta, Perfil, Seção Típica e Detalhe FL. 01/05 a 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0026 a DF19-263-1-EG-DWG-0030
6. Sistema Extravasor – Seções Transversais FL. 02/05 a 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0032 a DF19-263-1-EG-DWG-0035

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

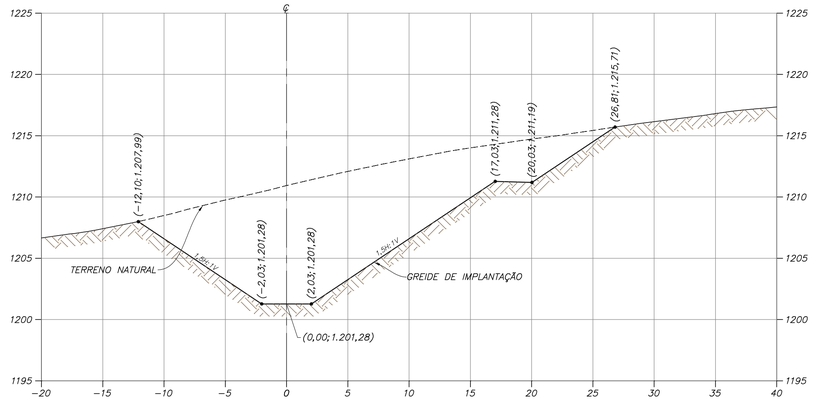
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

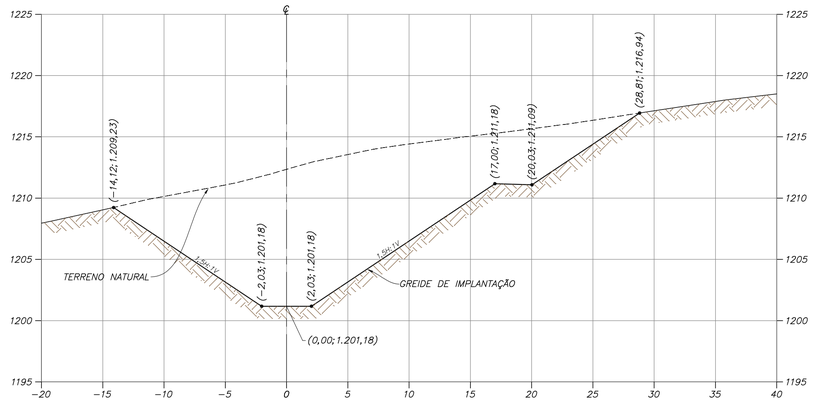
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/05

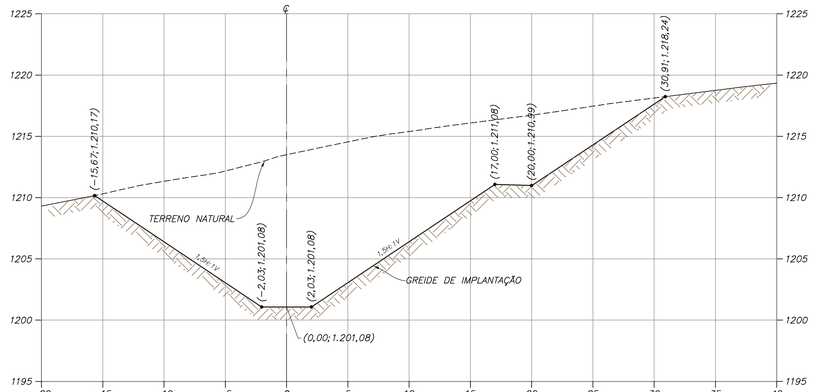
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0031	–	0



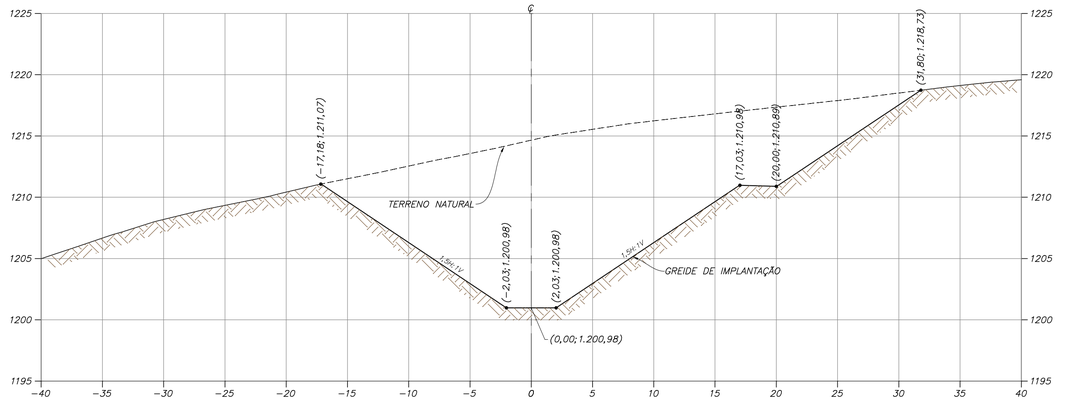
SEÇÃO EST. 7+0



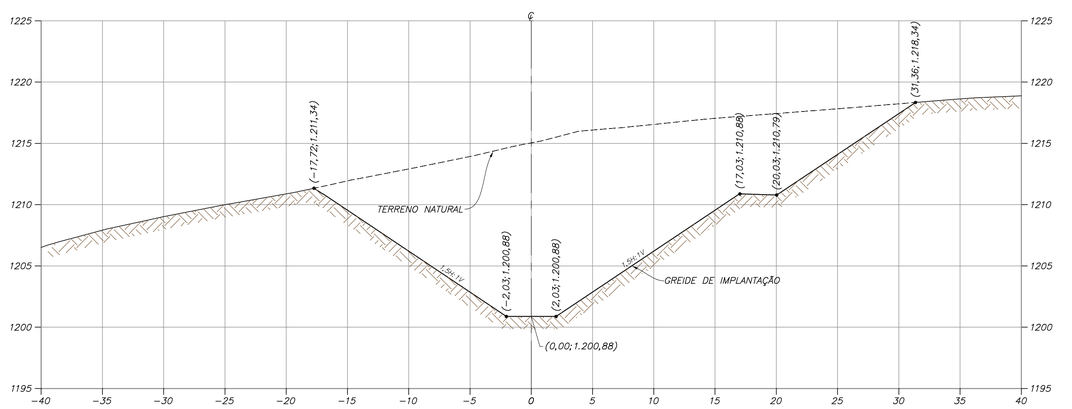
SEÇÃO EST. 8+0



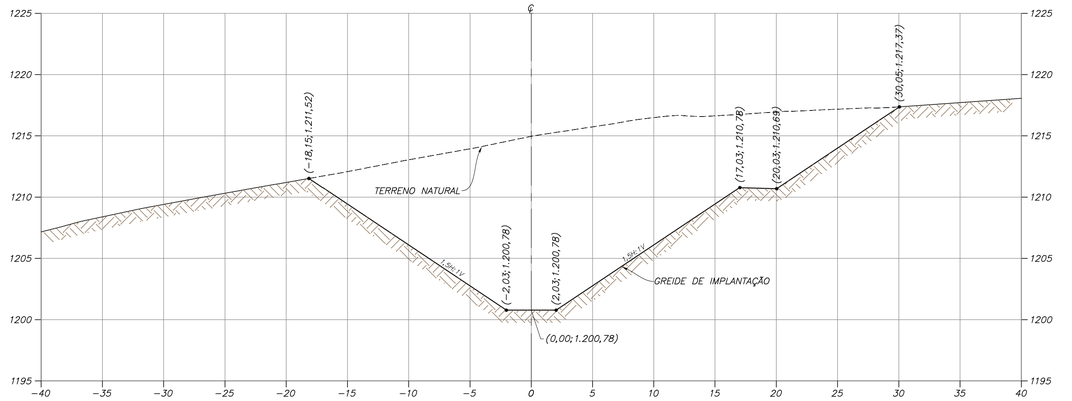
SEÇÃO EST. 9+0



SEÇÃO EST. 10+0



SEÇÃO EST. 11+0



SEÇÃO EST. 12+0

SEÇÕES TRANSVERSAIS – SISTEMA EXTRAVASOR

ESC. 1:250

LEGENDA:

- – TERRENO NATURAL ESCAVADO
- – TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- – PROJEÇÃO DO CANAL
- • (3,10; 873,41) – DISTÂNCIA DO EIXO; ELEVAÇÃO

0 5 10 15 20 25m

ESCALA ORIGINAL 1:250

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. Base Topográfica – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. Relatório Técnico – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. Especificação Técnica – DF19-263-1-ETC-0001
4. Planilha de Quantidades – DF19-263-1-PLA-0001
5. Sistema Extravasor – Planta, Perfil, Seção Típica e Detalhe FL. 01/05 a 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0026 a DF19-263-1-EG-DWG-0030
6. Sistema Extravasor – Seções Transversais FL. 01/05 e 03/05 a 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0031 e DF19-263-1-EG-DWG-0033 a DF19-263-1-EG-DWG-0035

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

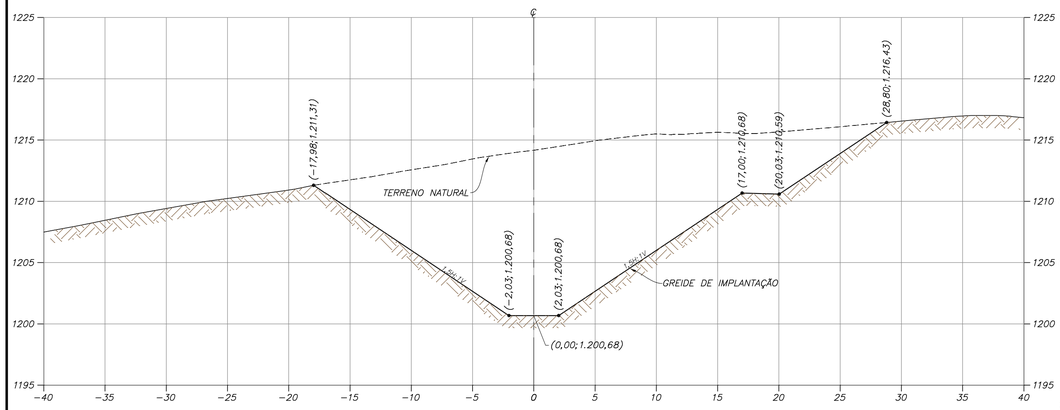
Mosaic Fertilizantes

odf+

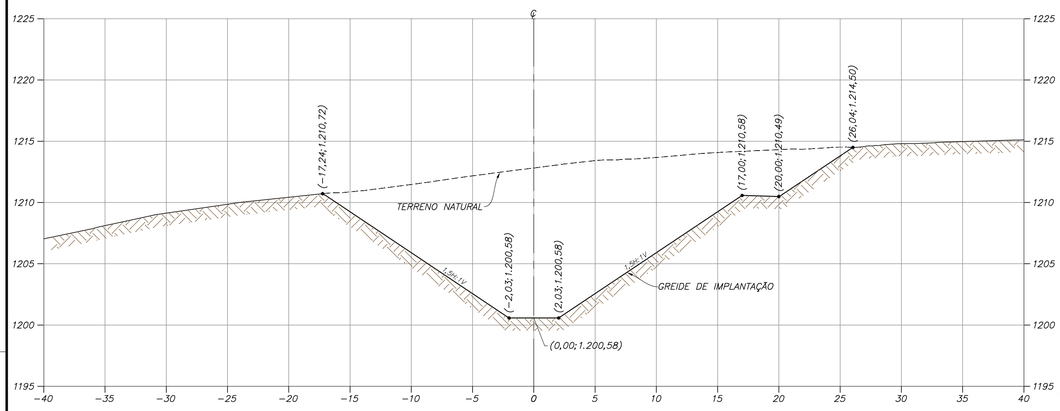
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 02/05

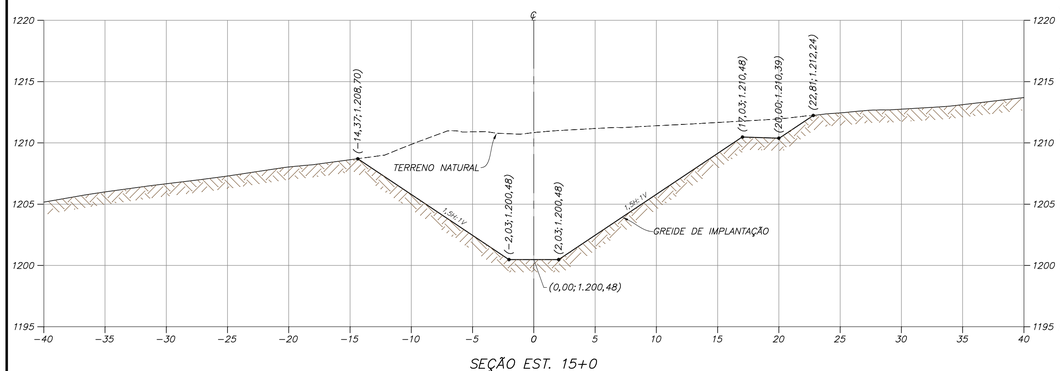
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0032	–	0



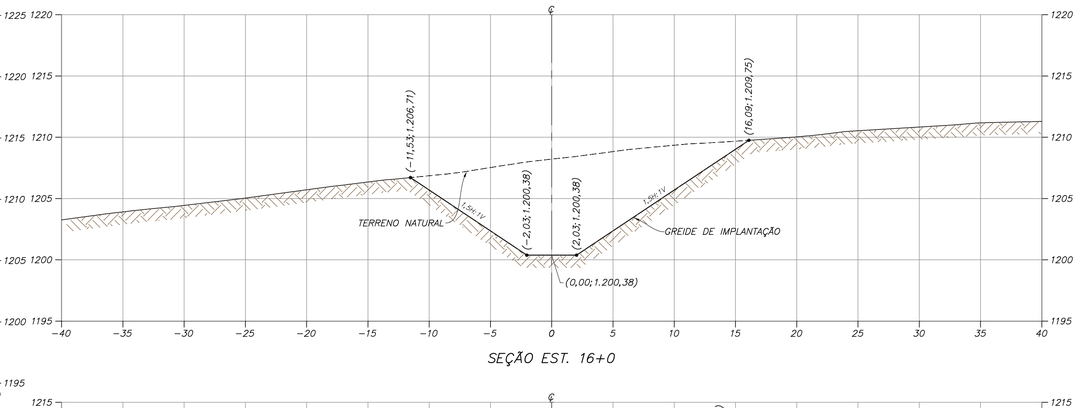
SEÇÃO EST. 13+0



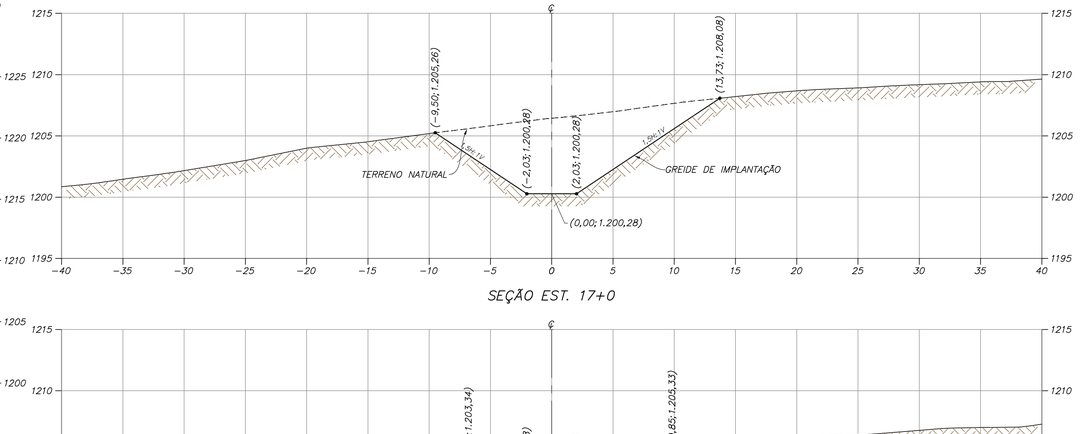
SEÇÃO EST. 14+0



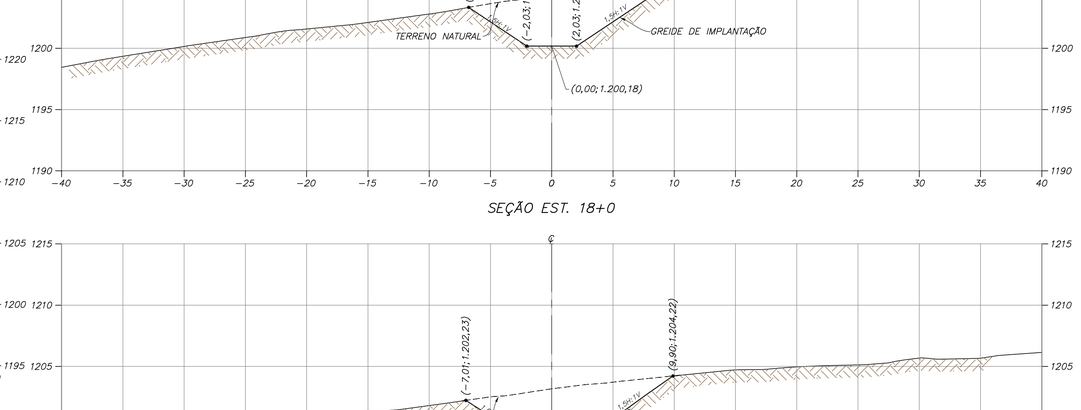
SEÇÃO EST. 15+0



SEÇÃO EST. 16+0



SEÇÃO EST. 17+0



SEÇÃO EST. 18+0

SEÇÃO EST. 18+8

SEÇÕES TRANSVERSAIS – SISTEMA EXTRAVASOR

ESC. 1:250

LEGENDA:

- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- PROJEÇÃO DO CANAL
- (3,10;873,41) – DISTÂNCIA DO EIXO; ELEVAÇÃO

0 5 10 15 20 25m

ESCALA ORIGINAL 1:250

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. Base Topográfica – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. Relatório Técnico – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. Especificação Técnica – DF19-263-1-ETC-0001
4. Planilha de Quantidades – DF19-263-1-PLA-0001
5. Sistema Extravasor – Planta, Perfil, Seção Típica e Detalhe FL. 01/05 a 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0026 a DF19-263-1-EG-DWG-0030
6. Sistema Extravasor – Seções Transversais FL. 01/05 a 02/05 e 04/05 a 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0031 a DF19-263-1-EG-DWG-0032 e DF19-263-1-EG-DWG-0034 a DF19-263-1-EG-DWG-0035

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

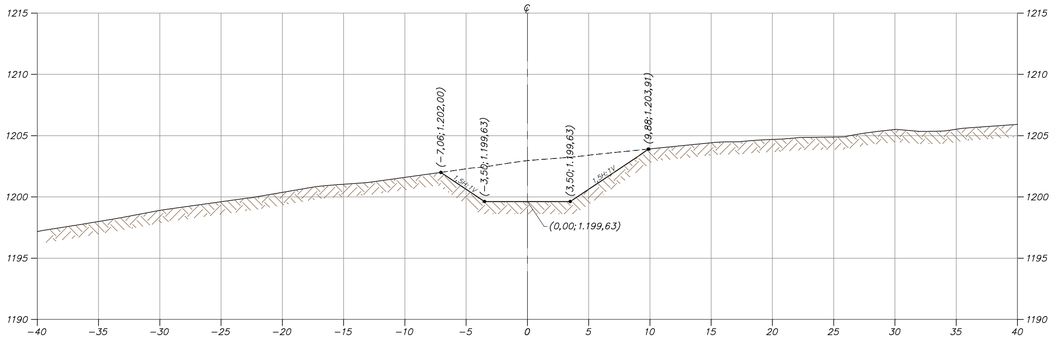
CORES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

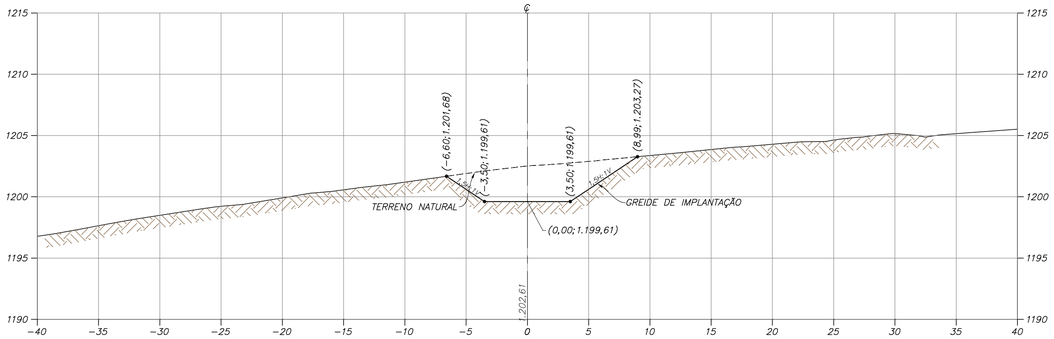
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR | Nº DO PROJETO: – | Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 03/05

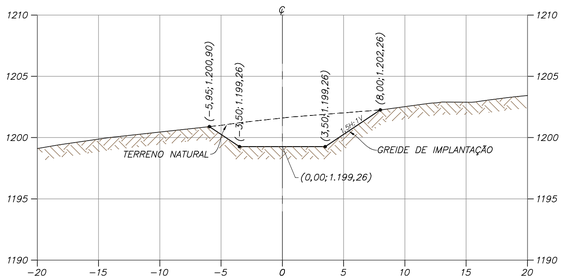
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0033	–	0



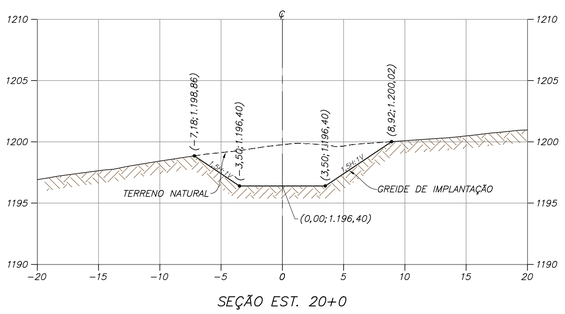
SEÇÃO EST. 18+10



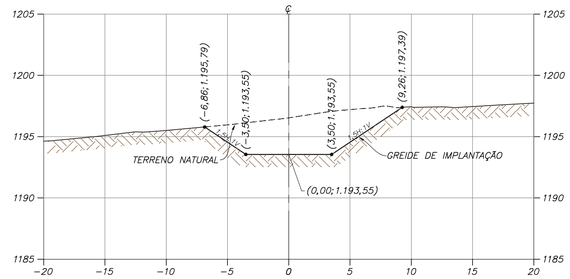
SEÇÃO EST. 18+13



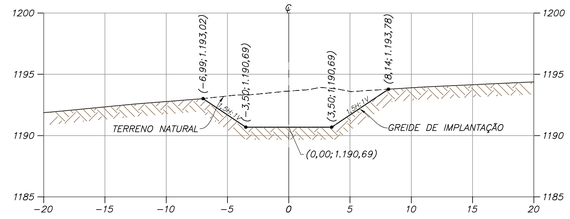
SEÇÃO EST. 19+0



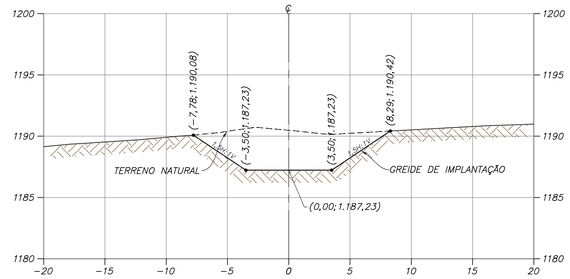
SEÇÃO EST. 20+0



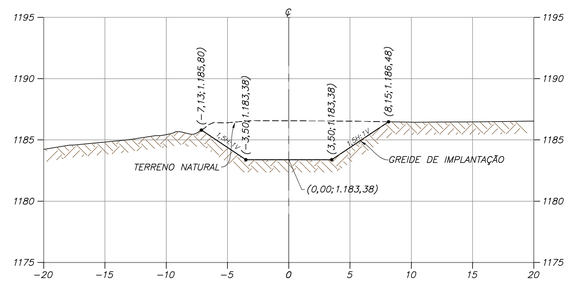
SEÇÃO EST. 21+0



SEÇÃO EST. 22+0



SEÇÃO EST. 23+0



SEÇÃO EST. 24+0

SEÇÕES TRANSVERSAIS – SISTEMA EXTRAVASOR

ESC. 1:250

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. Base Topográfica – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. Relatório Técnico – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. Especificação Técnica – DF19-263-1-ETC-0001
4. Planilha de Quantidades – DF19-263-1-PLA-0001
5. Sistema Extravasor – Planta, Perfil, Seção Típica e Detalhe FL. 01/05 a 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0026 a DF19-263-1-EG-DWG-0030
6. Sistema Extravasor – Seções Transversais FL. 01/05 a 03/05 e 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0031 a DF19-263-1-EG-DWG-0033 e DF19-263-1-EG-DWG-0035

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

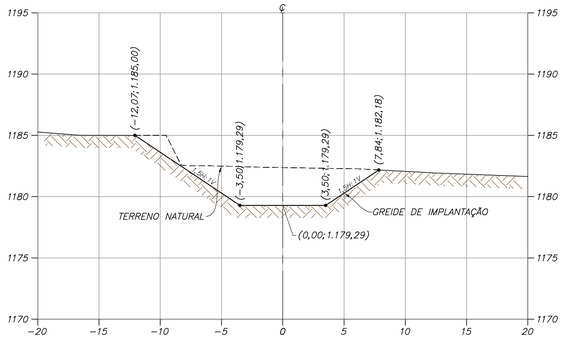
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

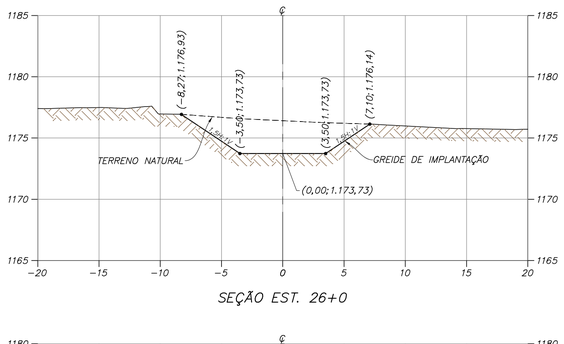
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 04/05

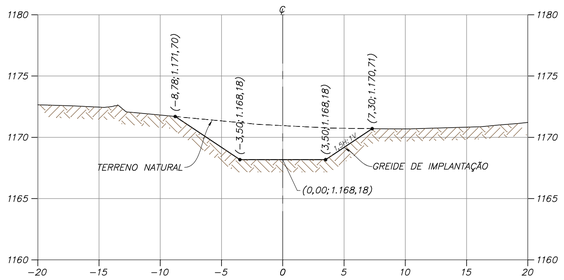
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0034	–	0



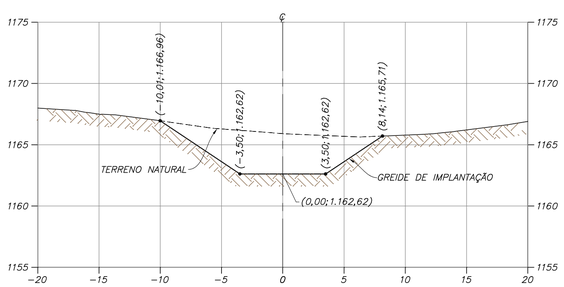
SEÇÃO EST. 25+0



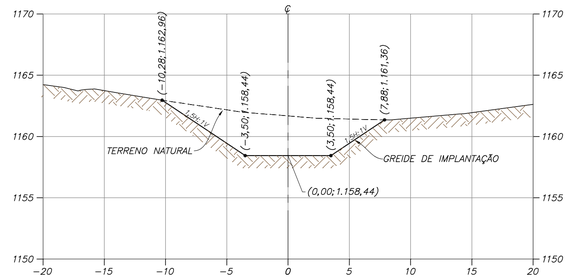
SEÇÃO EST. 26+0



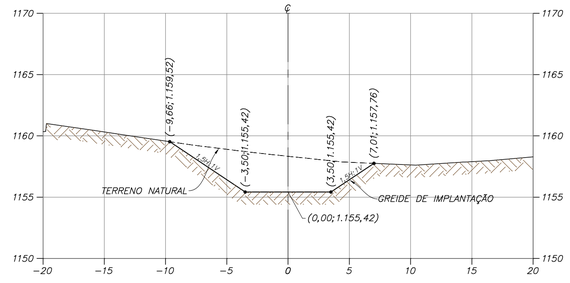
SEÇÃO EST. 27+0



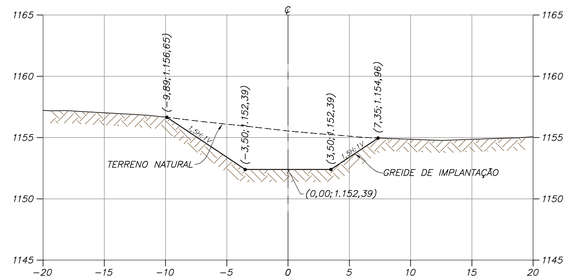
SEÇÃO EST. 28+0



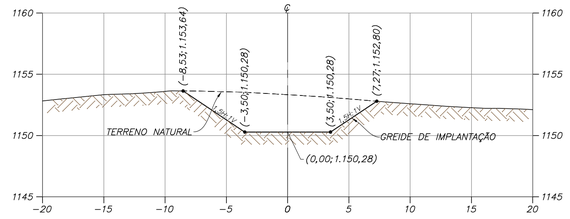
SEÇÃO EST. 29+0



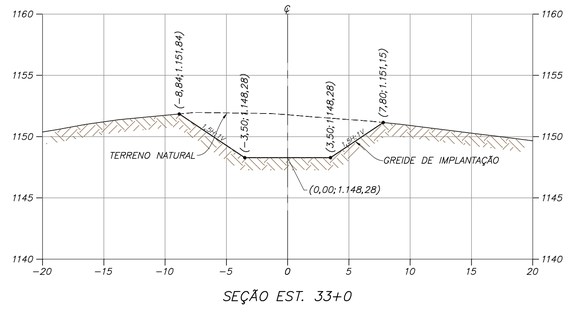
SEÇÃO EST. 30+0



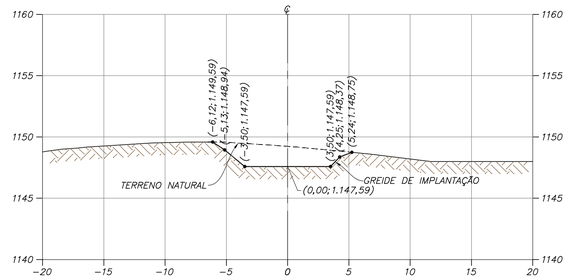
SEÇÃO EST. 31+0



SEÇÃO EST. 32+0



SEÇÃO EST. 33+0



SEÇÃO EST. 34+0

SEÇÕES TRANSVERSAIS – SISTEMA EXTRAVASOR

ESC. 1:250

LEGENDA:

- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- PROJEÇÃO DO CANAL
- (3,10; 873,41) – DISTÂNCIA DO EIXO; ELEVAÇÃO

0 5 10 15 20 25m

ESCALA ORIGINAL 1:250

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. Base Topográfica – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. Relatório Técnico – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. Especificação Técnica – DF19-263-1-ETC-0001
4. Planilha de Quantidades – DF19-263-1-PLA-0001
5. Sistema Extravasor – Planta, Perfil, Seção Típica e Detalhe FL. 01/05 a 05/05 DF19-263-1-EG-DWG-0026 a DF19-263-1-EG-DWG-0030
6. Sistema Extravasor – Seções Transversais FL. 01/05 a 04/05 DF19-263-1-EG-DWG-0031 a DF19-263-1-EG-DWG-0034

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
SISTEMA EXTRAVASOR
SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 05/05

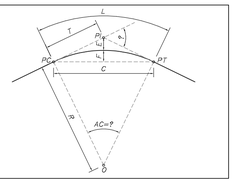
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0035	–	0



PLANTA – ACESSO OMBREIRA DIREITA – EST. 0 A 6

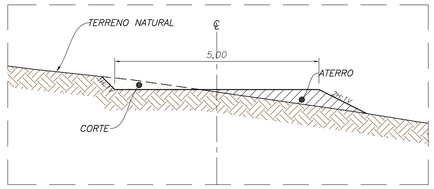
ESC. 1:250

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO



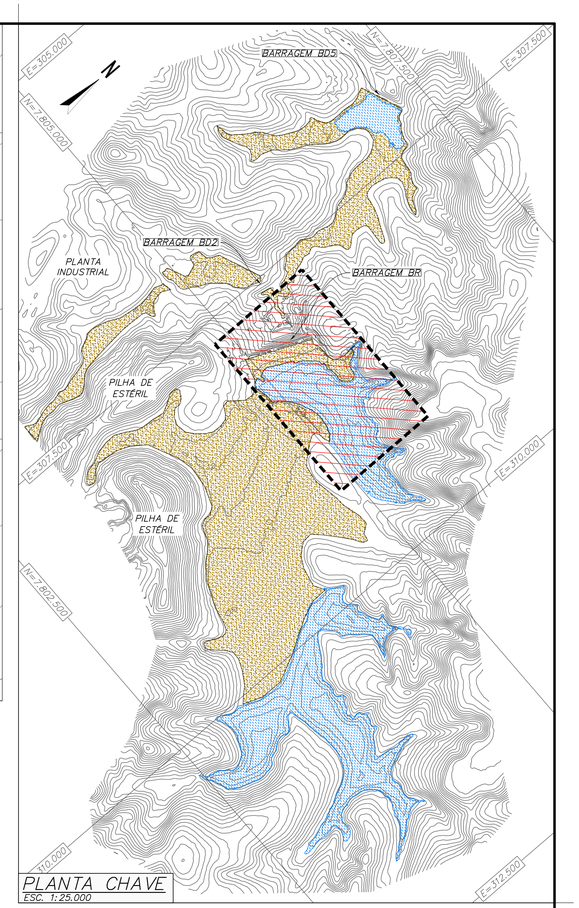
QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: ACESSO OMBREIRA DIREITA

ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
L1	EST.: 0+0,00 E: 308.031,68 N: 7.805.753,46	EST.: 0+3,60 E: 308.030,11 N: 7.805.750,22	S25°51'30,18"W	–	–	–	3,60	–	–	–	–	–
C1	PC EST.: 0+3,60 E: 308.030,11 N: 7.805.750,22	PT EST.: 1+15,21 E: 308.023,95 N: 7.805.719,56	–	EST.: 0+19,75 E: 308.023,07 N: 7.805.735,69	E: 308.086,35 N: 7.805.722,96	28°58'30,84"	31,61	62,50	16,15	2,05	1,99	31,27
L2	EST.: 1+15,21 E: 308.023,95 N: 7.805.719,56	EST.: 4+1,36 E: 308.026,46 N: 7.805.673,48	S03°07'00,66"E	–	–	–	46,15	–	–	–	–	–
C2	PC EST.: 4+1,36 E: 308.026,46 N: 7.805.673,48	PT EST.: 4+8,86 E: 308.025,62 N: 7.805.666,06	–	EST.: 4+5,14 E: 308.026,66 N: 7.805.669,70	E: 308.003,99 N: 7.805.672,25	19°06'11,66"	7,50	22,50	3,79	0,32	0,31	7,47
L4	EST.: 4+8,86 E: 308.025,62 N: 7.805.666,06	EST.: 5+0,26 E: 308.022,48 N: 7.805.655,10	S15°59'11,00"W	–	–	–	11,40	–	–	–	–	–
C3	PC EST.: 5+0,26 E: 308.022,48 N: 7.805.655,10	PT EST.: 6+18,42 E: 308.040,67 N: 7.805.626,67	–	EST.: 6+5,78 E: 308.015,45 N: 7.805.630,57	E: 308.044,11 N: 7.805.648,91	97°11'50,80"	38,17	22,50	25,52	11,52	7,62	33,75



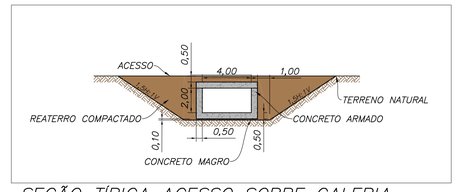
SEÇÃO TÍPICA ACESSO OMBREIRA DIREITA

SEM ESCALA



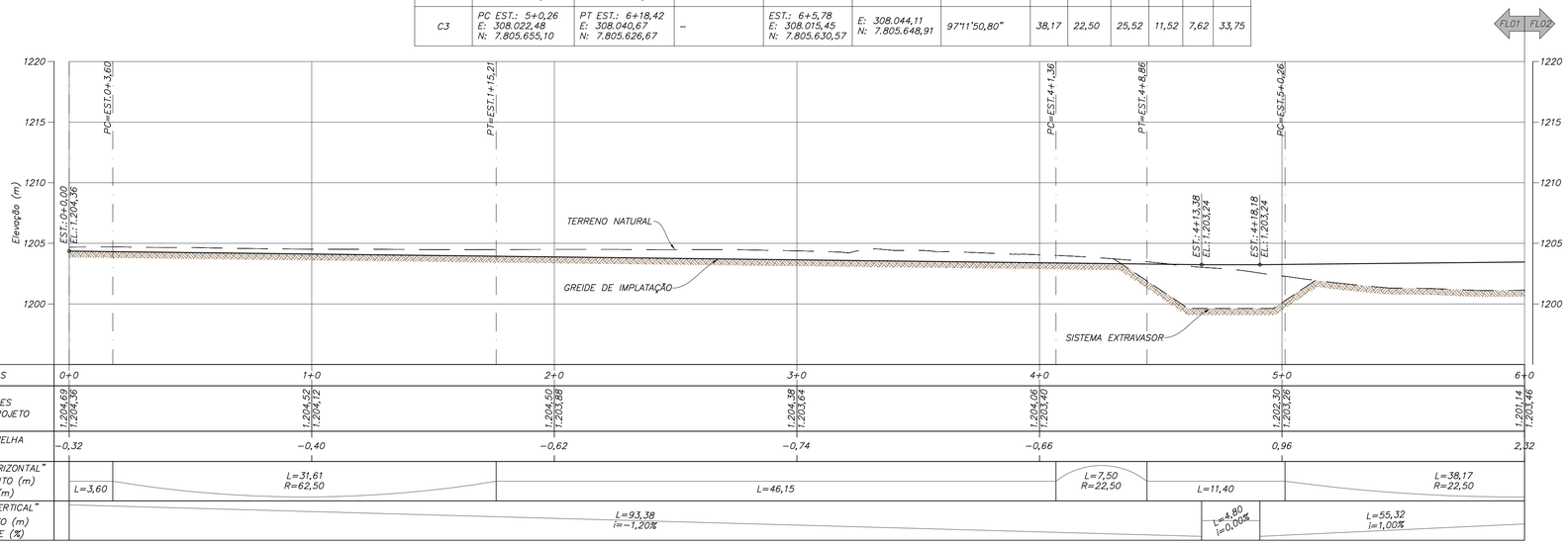
PLANTA CHAVE

ESC. 1:25.000



SEÇÃO TÍPICA ACESSO SOBRE GALERIA

ESC. 1:250



PERFIL LONGITUDINAL – ACESSO OMBREIRA DIREITA – EST. 0 A 6

ESC. 1:250

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- ACESSO (PLANTA)
- CONCRETO PROJETADO
- CONCRETO ARMADO
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LAGO
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O ACESSO À OMBREIRA DIREITA DEVE SER CONECTADO AO ACESSO EXISTENTE. TODAVIA, COMO NÃO HÁ LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO CADASTRAL DO ACESSO EXISTENTE, A CONEXÃO FOI APENAS INDICADA E DEVERÁ SER FEITA EM CAMPO COM A VALIDAÇÃO DA EQUIPE MOSAIC E DA PROJETISTA.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRAFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19-263-1-ETC-0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-PLA-0001
5. ACESSOS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0048
6. ACESSO OMBREIRA DIREITA – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 02/04 A 04/04 DF19-263-1-EG-DWG-0050 A DF19-263-1-EG-DWG-0052
7. ACESSO OMBREIRA DIREITA – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/03 A 03/03 DF19-263-1-EG-DWG-0053 A DF19-263-1-EG-DWG-0055

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

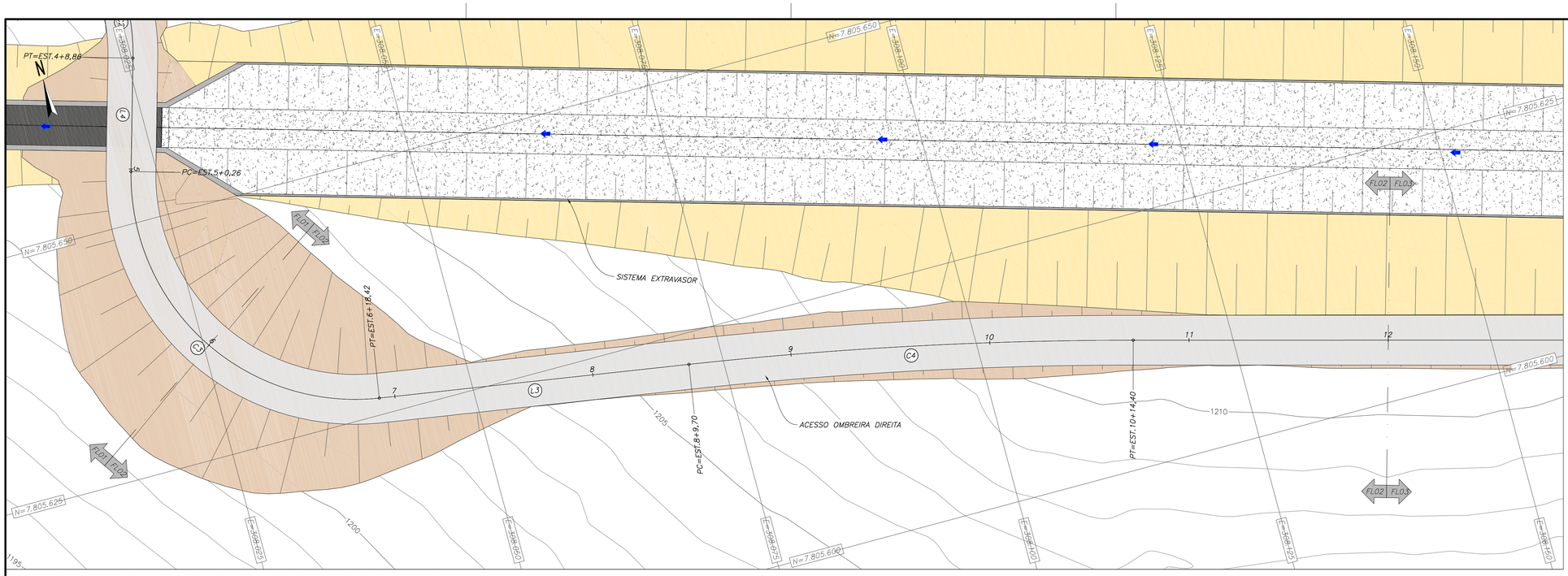
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
ACESSOS CONSTRUTIVOS – ACESSO OMBREIRA DIREITA
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 01/04

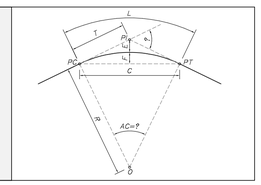
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0049	–	0



PLANTA – ACESSO OMBREIRA DIREITA – EST. 6 A 12

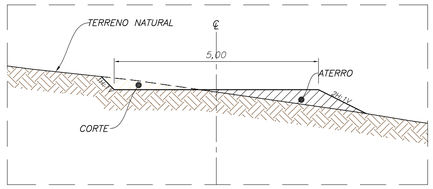
ESC. 1:250

PC:	PONTO DE CURVA
PT:	PONTO DE TANGENTE
PI:	PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O:	CENTRO DA CURVA
R:	RAIO
T:	TANGENTE EXTERNA
E:	AFASTAMENTO
F:	FLECHA
L:	DESENVOLVIMENTO
C:	CORDA
AC:	ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ:	ÂNGULO DE DEFLEXÃO



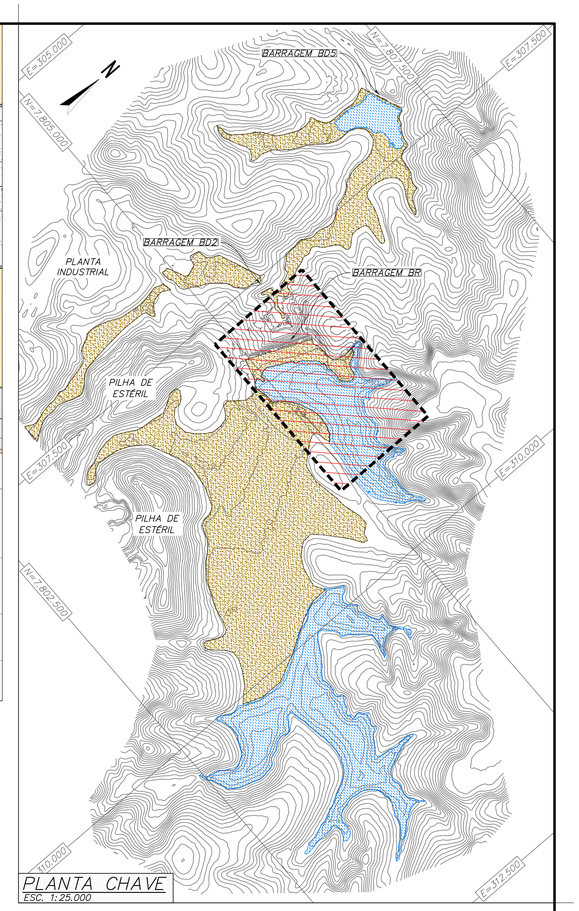
QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: ACESSO OMBREIRA DIREITA

ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C3	PC EST.: 5+0,26 E: 308.022,48 N: 7.805.655,10	PT EST.: 6+18,42 E: 308.040,67 N: 7.805.626,67	–	EST.: 6+5,78 E: 308.015,45 N: 7.805.630,57	E: 308.044,11 N: 7.805.648,91	97°11'50,80"	38,17	22,50	25,52	11,52	7,62	33,75
L3	EST.: 6+18,42 E: 308.040,67 N: 7.805.626,67	EST.: 8+9,70 E: 308.071,58 N: 7.805.621,89	S81°12'39,80"E	–	–	–	31,28	–	–	–	–	–
C4	PC EST.: 8+9,70 E: 308.071,58 N: 7.805.621,89	PT EST.: 10+14,40 E: 308.115,30 N: 7.805.612,68	–	EST.: 9+12,08 E: 308.093,69 N: 7.805.618,47	E: 308.008,55 N: 7.805.214,23	6°12'31,75"	44,70	412,50	22,37	0,61	0,61	44,68
L6	EST.: 10+14,40 E: 308.115,30 N: 7.805.612,68	EST.: 15+10,54 E: 308.208,16 N: 7.805.587,81	S75°00'08,04"E	–	–	–	96,13	–	–	–	–	–



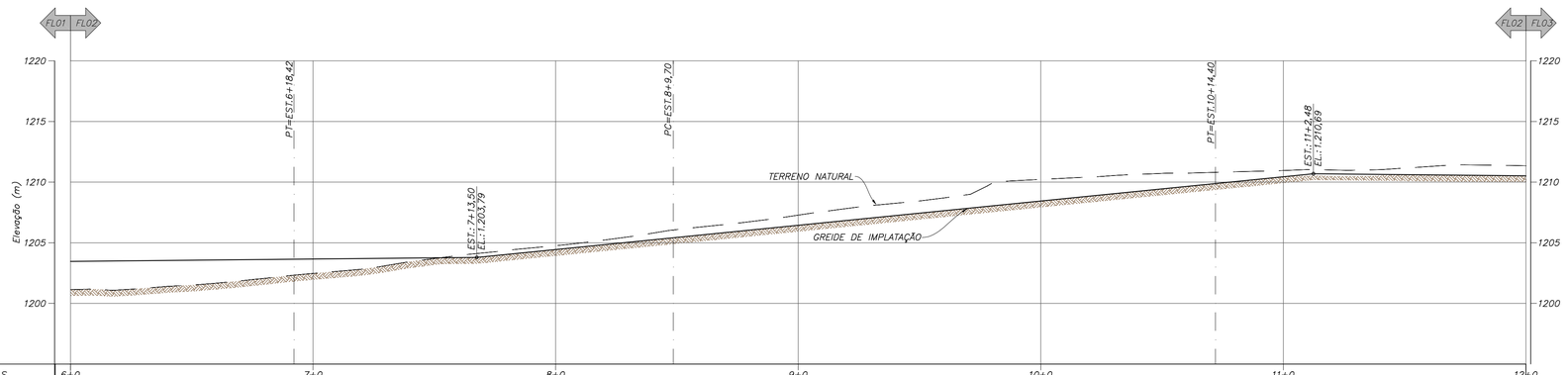
SEÇÃO TÍPICA ACESSO OMBREIRA DIREITA

SEM ESCALA



PLANTA CHAVE

ESC. 1:25.000



ESTACAS	6+0	7+0	8+0	9+0	10+0	11+0	12+0
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.201,14 1.203,46	1.202,47 1.203,66	1.204,76 1.204,44	1.207,28 1.206,44	1.210,22 1.208,44	1.210,96 1.210,44	1.211,34 1.210,52
COTA VERMELHA (m)	2,32	1,18	−0,31	−0,83	−1,78	−0,52	−0,83
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)	L=38,17 R=22,50	L=31,28		L=44,70 R=412,50		L=96,13	
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)	L=55,32 i=1,00%		L=68,98 i=10,00%			L=69,15 i=−1,00%	

PERFIL LONGITUDINAL – ACESSO OMBREIRA DIREITA – EST. 6 A 12

ESC. 1:250

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- ACESSO (PLANTA)
- CONCRETO PROJETADO
- CONCRETO ARMADO
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LAGO
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19–263–1–ETC–0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–PLA–0001
5. ACESSOS – ARRANJO GERAL – DF19–263–1–EG–DWG–0048
6. ACESSO OMBREIRA DIREITA – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 01/04 E 03/04 A 04/04 DF19–263–1–EG–DWG–0049 E DF19–263–1–EG–DWG–0051 A DF19–263–1–EG–DWG–0052
7. ACESSO OMBREIRA DIREITA – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/03 A 03/03 DF19–263–1–EG–DWG–0053 A DF19–263–1–EG–DWG–0055

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	19/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	26/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

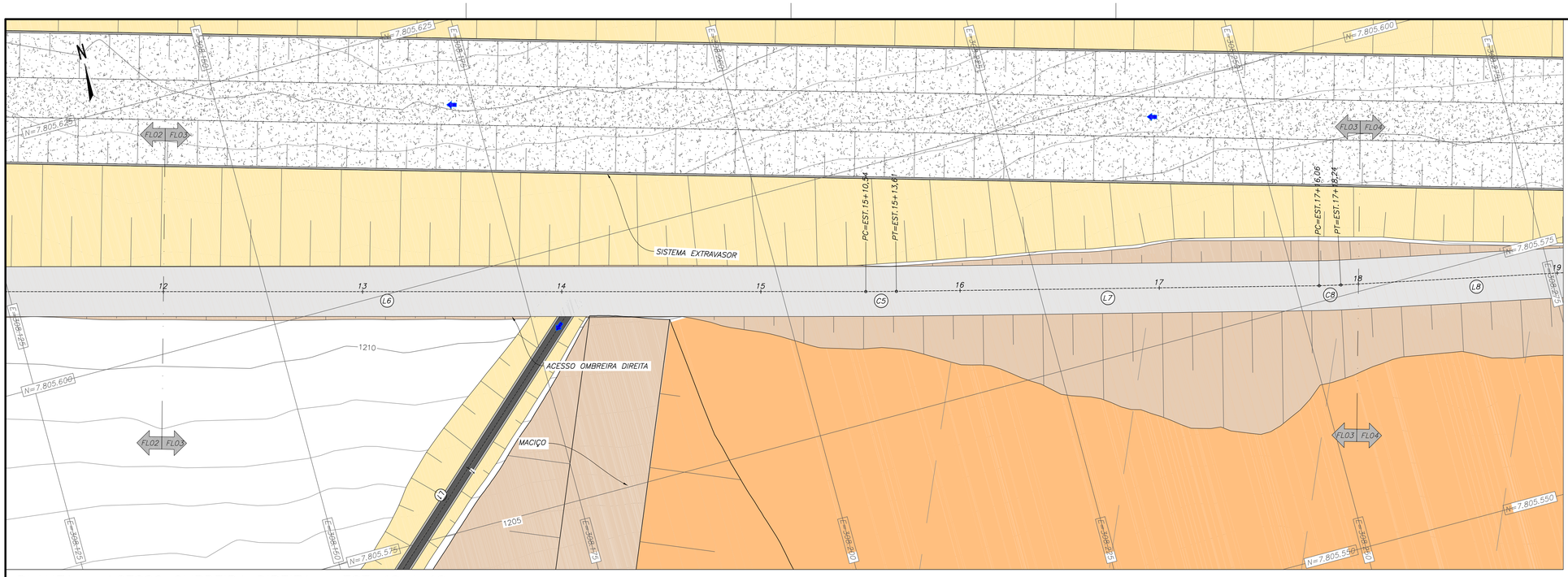
df

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
ACESSOS CONSTRUTIVOS – ACESSO OMBREIRA DIREITA
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 02/04

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0050	–	0

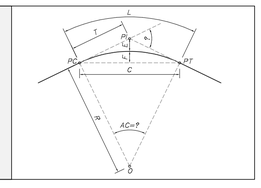
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8



PLANTA – ACESSO OMBREIRA DIREITA – EST. 12 A 18

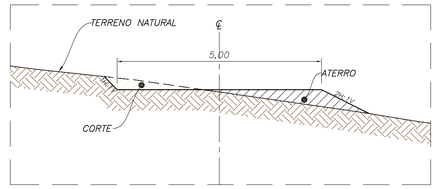
ESC. 1:250

PC:	PONTO DE CURVA
PT:	PONTO DE TANGENTE
PI:	PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O:	CENTRO DA CURVA
R:	RAIO
T:	TANGENTE EXTERNA
E:	AFASTAMENTO
F:	FLECHA
L:	DESENVOLVIMENTO
C:	CORDA
AC:	ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ:	ÂNGULO DE DEFLEXÃO



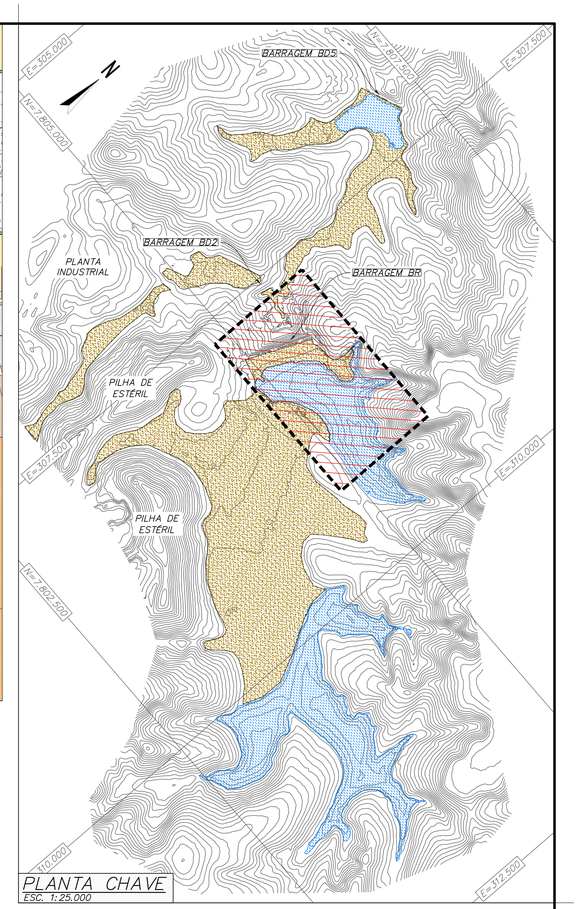
QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: ACESSO OMBREIRA DIREITA

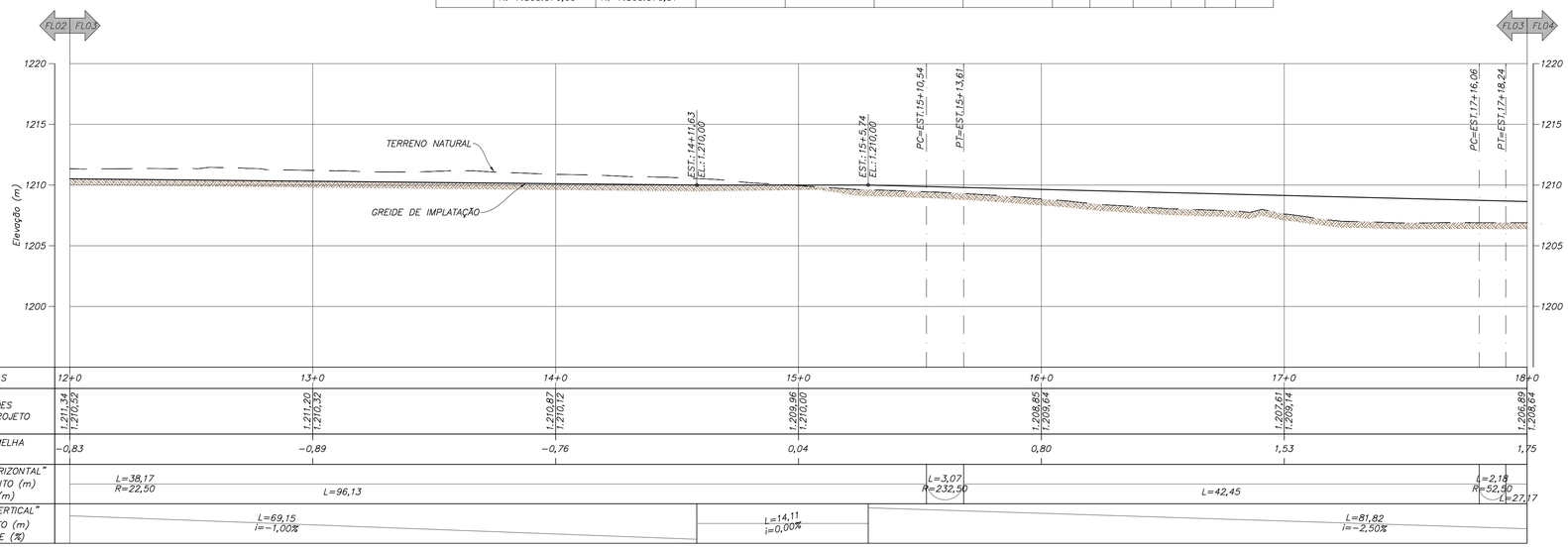
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
L6	EST.: 10+14,40 E: 308.115,30 N: 7.805.612,68	EST.: 15+10,54 E: 308.208,16 N: 7.805.587,81	S75°00'08,04"E	–	–	–	96,13	–	–	–	–	–
C5	PC EST.: 15+10,54 E: 308.208,16 N: 7.805.587,81	PT EST.: 15+13,61 E: 308.211,13 N: 7.805.587,03	–	EST.: 15+12,07 E: 308.209,64 N: 7.805.587,41	E: 308.268,33 N: 7.805.812,39	0°45'25,20"	3,07	232,50	1,54	0,01	0,01	3,07
L7	EST.: 15+13,61 E: 308.211,13 N: 7.805.587,03	EST.: 17+16,06 E: 308.252,28 N: 7.805.576,59	S75°45'33,24"E	–	–	–	42,45	–	–	–	–	–
C8	PC EST.: 17+16,06 E: 308.252,28 N: 7.805.576,59	PT EST.: 17+18,24 E: 308.254,41 N: 7.805.576,09	–	EST.: 17+17,15 E: 308.253,34 N: 7.805.576,32	E: 308.265,19 N: 7.805.627,47	2°22'59,09"	2,18	52,50	1,09	0,01	0,01	2,18
L8	EST.: 17+18,24 E: 308.254,41 N: 7.805.576,09	EST.: 19+5,41 E: 308.281,00 N: 7.805.570,51	S78°08'32,34"E	–	–	–	27,17	–	–	–	–	–



SEÇÃO TÍPICA ACESSO OMBREIRA DIREITA

SEM ESCALA





PERFIL LONGITUDINAL – ACESSO OMBREIRA DIREITA – EST. 12 A 18

ESC. 1:250

LEGENDA:

- – CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- – CONCRETO PROJETADO
- – CONCRETO PAREDE (SEÇÃO/PROJEÇÃO)
- – CONCRETO ARMADO
- – TERRENO NATURAL ESCAVADO
- – TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- – ESCAVAÇÃO PROJETADA
- – ATERRO PROJETADO
- – SENTIDO DO FLUXO
- – LAGO
- – PRAIA DE REJEITO EMERSA

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19-263-1-ETC-0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-PLA-0001
5. ACESSOS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0048
6. ACESSO OMBREIRA DIREITA – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 01/04 A 02/04 E 04/04 DF19-263-1-EG-DWG-0049 A DF19-263-1-EG-DWG-0050 E DF19-263-1-EG-DWG-0052
7. ACESSO OMBREIRA DIREITA – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/03 A 03/03 DF19-263-1-EG-DWG-0053 A DF19-263-1-EG-DWG-0055

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MA	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

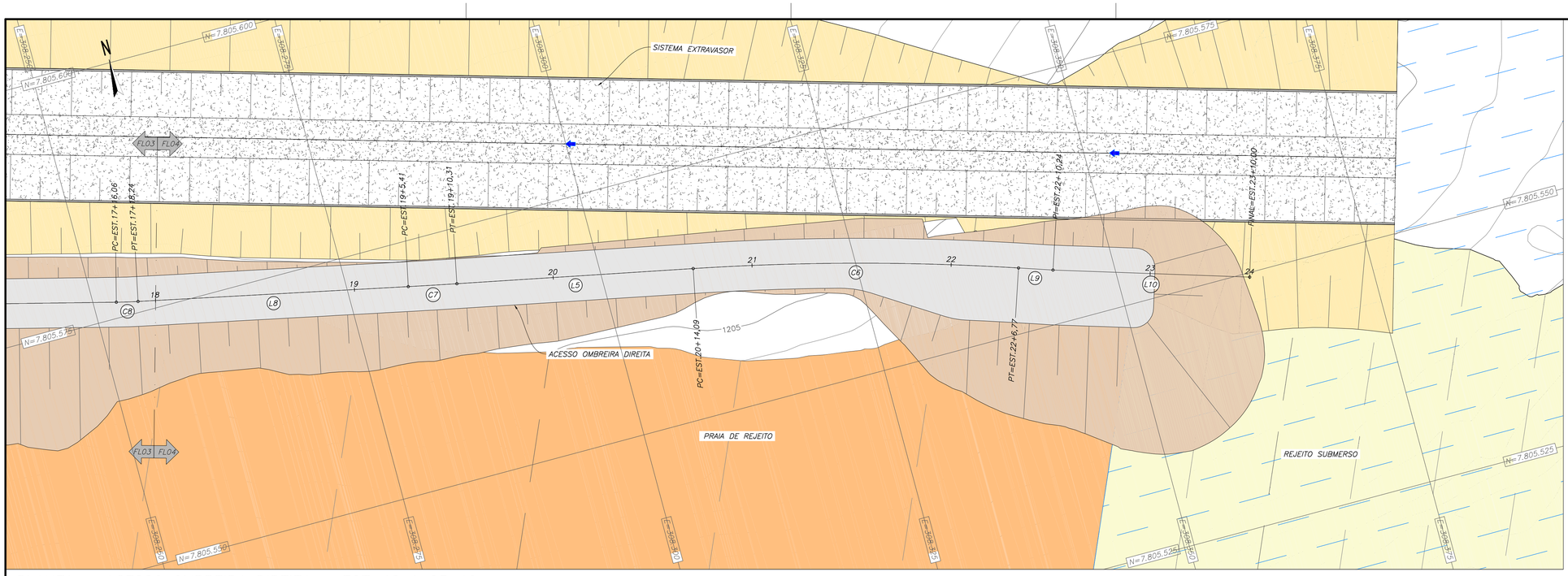
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR — Nº DO PROJETO: – — Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
ACESSOS CONSTRUTIVOS – ACESSO OMBREIRA DIREITA
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 03/04

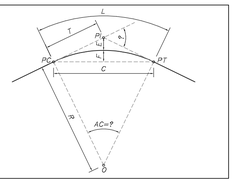
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0051	–	0



PLANTA – ACESSO OMBREIRA DIREITA – EST. 18 A 23+10

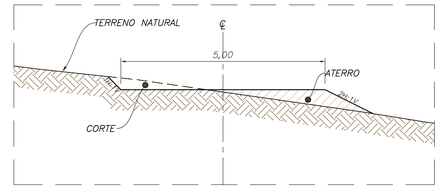
ESC. 1:250

PC:	PONTO DE CURVA
PT:	PONTO DE TANGENTE
PI:	PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O:	CENTRO DA CURVA
R:	RAIO
T:	TANGENTE EXTERNA
E:	AFASTAMENTO
F:	FLECHA
L:	DESENVOLVIMENTO
C:	CORDA
AC:	ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ:	ÂNGULO DE DEFLEXÃO



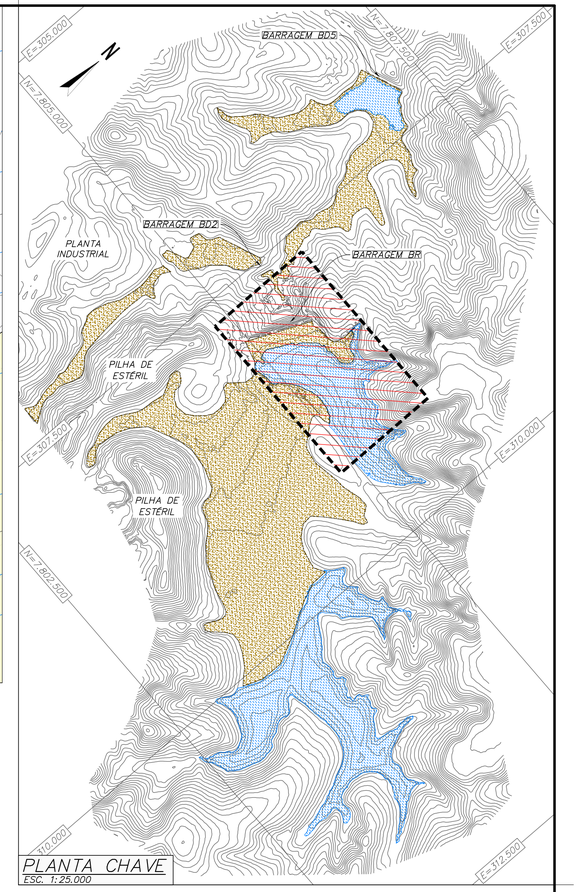
QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: ACESSO OMBREIRA DIREITA

ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
L8	EST.: 17+18,24 E: 308.254,41 N: 7.805.576,09	EST.: 19+5,41 E: 308.281,00 N: 7.805.570,51	S78°08'32,34"E	–	–	–	27,17	–	–	–	–	–
C7	PC EST.: 19+5,41 E: 308.281,00 N: 7.805.570,51	PT EST.: 19+10,31 E: 308.285,79 N: 7.805.569,53	–	EST.: 19+7,86 E: 308.283,39 N: 7.805.570,01	E: 308.391,44 N: 7.806.096,54	0°31'18,63"	4,90	537,50	2,45	0,01	0,01	4,90
L5	EST.: 19+10,31 E: 308.285,79 N: 7.805.569,53	EST.: 20+14,09 E: 308.309,11 N: 7.805.564,85	S78°39'50,96"E	–	–	–	23,78	–	–	–	–	–
C6	PC EST.: 20+14,09 E: 308.309,11 N: 7.805.564,85	PT EST.: 22+6,77 E: 308.340,67 N: 7.805.556,45	–	EST.: 21+10,45 E: 308.325,15 N: 7.805.561,64	E: 308.257,51 N: 7.805.307,47	7°08'04,59"	32,69	262,50	16,36	0,51	0,51	32,67
L9	EST.: 22+6,77 E: 308.340,67 N: 7.805.556,45	EST.: 22+10,24 E: 308.343,96 N: 7.805.555,35	S71°31'46,38"E	–	–	–	3,47	–	–	–	–	–
L10	EST.: 22+10,24 E: 308.343,96 N: 7.805.555,35	EST.: 23+10,00 E: 308.362,85 N: 7.805.549,56	S72°56'55,22"E	–	–	–	19,76	–	–	–	–	–



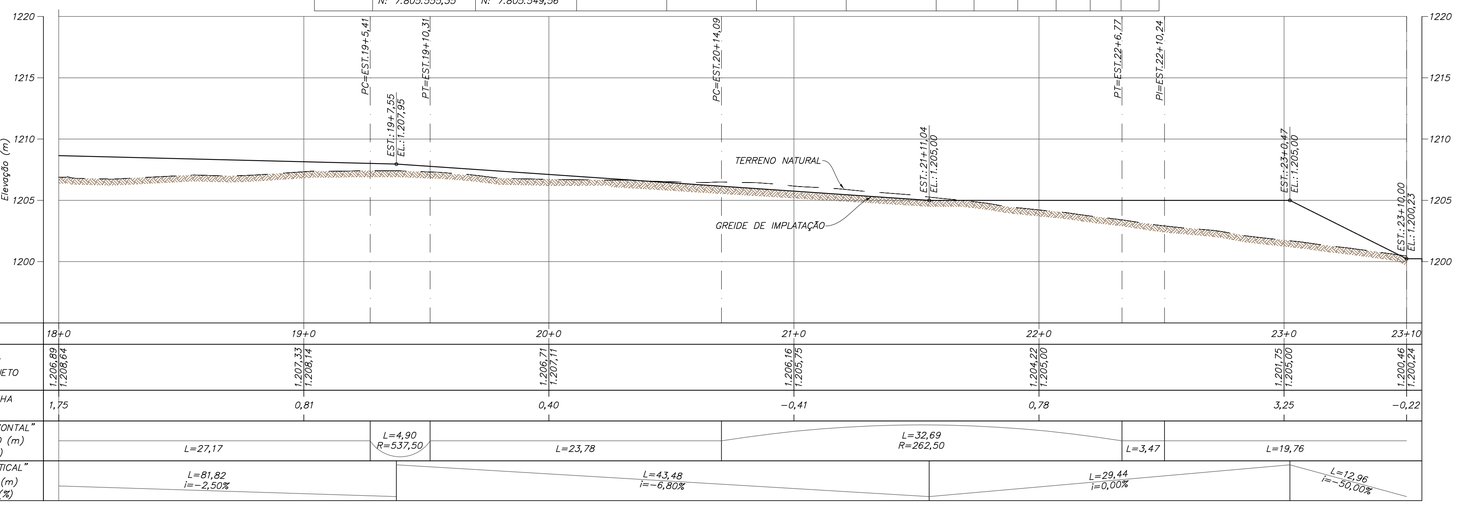
SEÇÃO TÍPICA ACESSO OMBREIRA DIREITA

SEM ESCALA



PLANTA CHAVE

ESC. 1:25.000



ESTACAS	18+0	19+0	20+0	21+0	22+0	23+0	23+10
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.206,89 1.208,64	1.207,33 1.208,14	1.206,71 1.207,11	1.206,16 1.205,75	1.204,22 1.205,00	1.201,75 1.205,00	1.200,46 1.200,24
COTA VERMELHA (m)	1,75	0,81	0,40	−0,41	0,78	3,25	−0,22
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)	L=27,17	L=4,90 R=537,50	L=23,78	L=32,69 R=262,50	L=3,47	L=19,76	
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)	L=81,82 i=−2,50%	L=43,48 i=−6,80%	L=29,44 i=0,00%	L=12,96 i=−50,00%			

PERFIL LONGITUDINAL – ACESSO OMBREIRA DIREITA – EST. 18 A 23+10

ESC. 1:250

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- CONCRETO PROJETADO
- CONCRETO PAREDE (SEÇÃO/PROJEÇÃO)
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- TERRENO NATURAL – BASE TOPOGRÁFICA
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LAGO
- PRAIA DE REJEITO EMERSA
- REJEITO SUBMERSO

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19–263–1–ETC–0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–PLA–0001
5. ACESSOS – ARRANJO GERAL – DF19–263–1–EG–DWG–0048
6. ACESSO OMBREIRA DIREITA – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 01/04 A 03/04 DF19–263–1–EG–DWG–0049 A DF19–263–1–EG–DWG–0051
7. ACESSO OMBREIRA DIREITA – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/03 A 03/03 DF19–263–1–EG–DWG–0053 A DF19–263–1–EG–DWG–0055

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	25/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

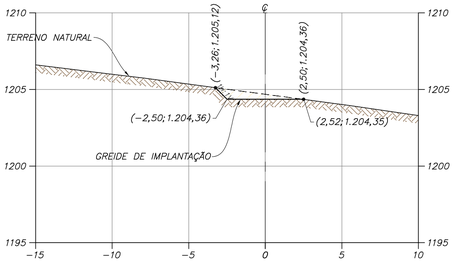
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

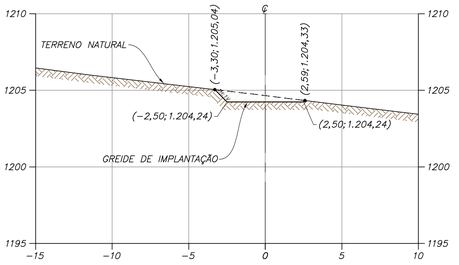
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
ACESSOS CONSTRUTIVOS – ACESSO OMBREIRA DIREITA
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 04/04

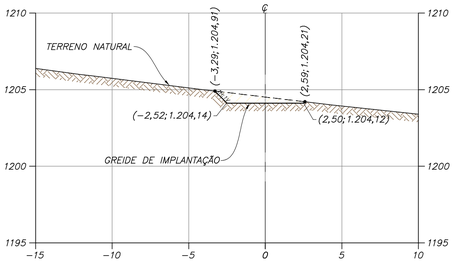
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0052	–	0



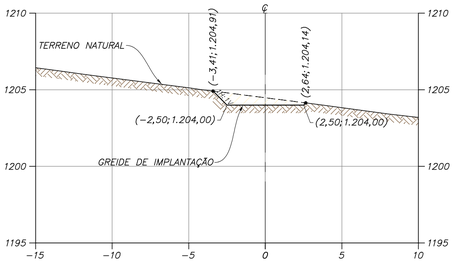
SEÇÃO EST. 0+0



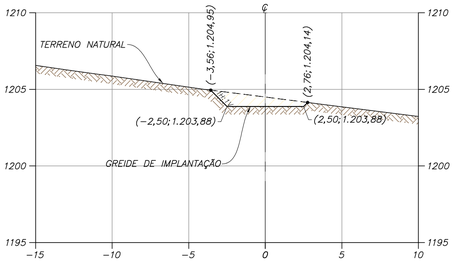
SEÇÃO EST. 0+10



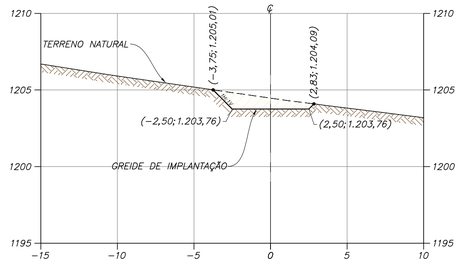
SEÇÃO EST. 1+0



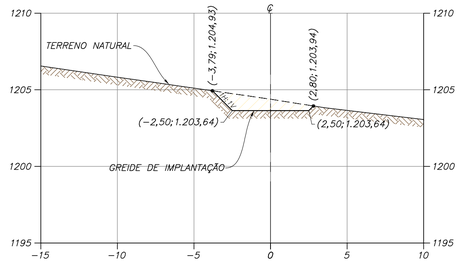
SEÇÃO EST. 1+10



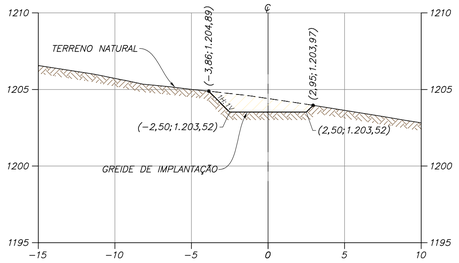
SEÇÃO EST. 2+0



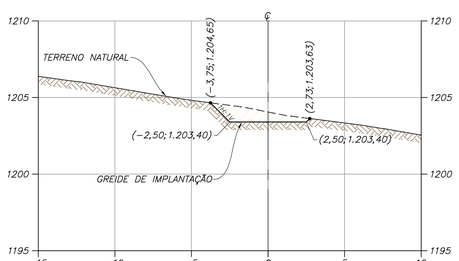
SEÇÃO EST. 2+10



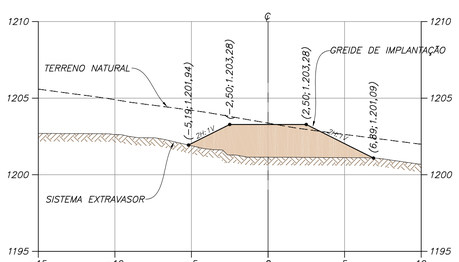
SEÇÃO EST. 3+0



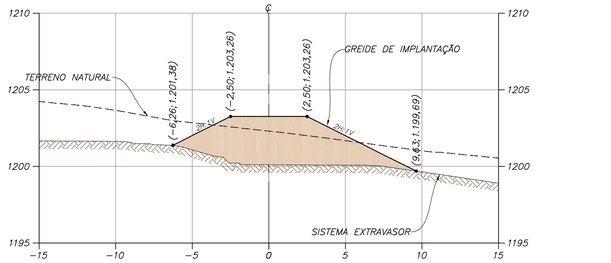
SEÇÃO EST. 3+10



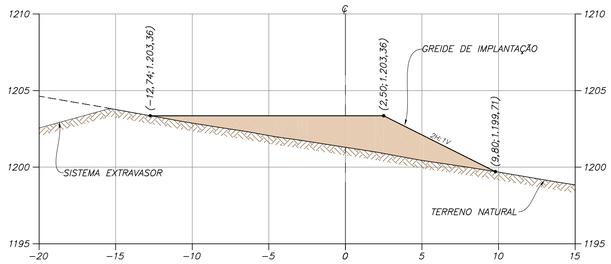
SEÇÃO EST. 4+0



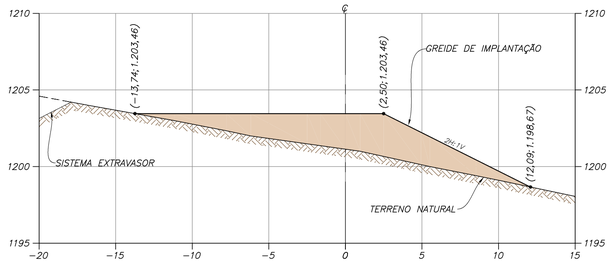
SEÇÃO EST. 4+10



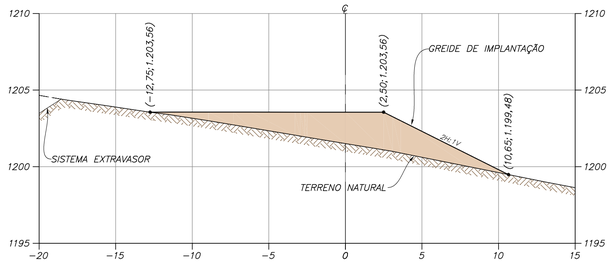
SEÇÃO EST. 5+0



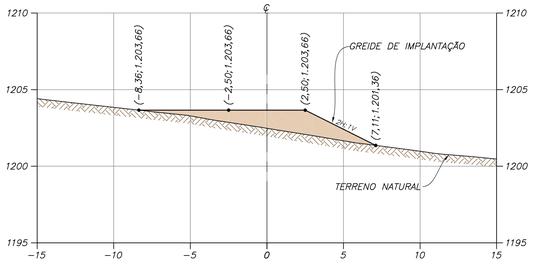
SEÇÃO EST. 5+10



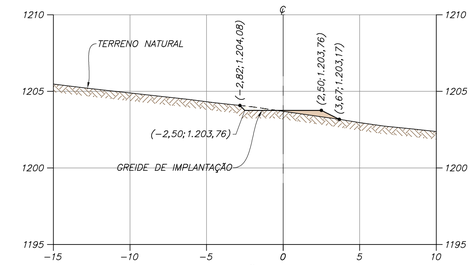
SEÇÃO EST. 6+0



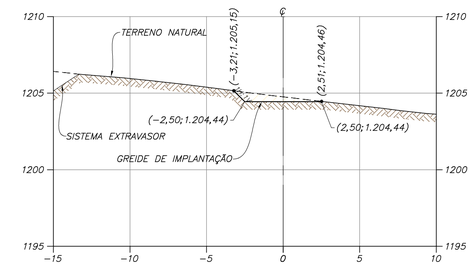
SEÇÃO EST. 6+10



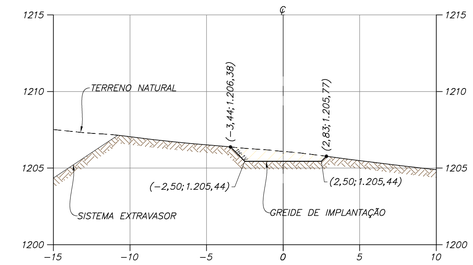
SEÇÃO EST. 7+0



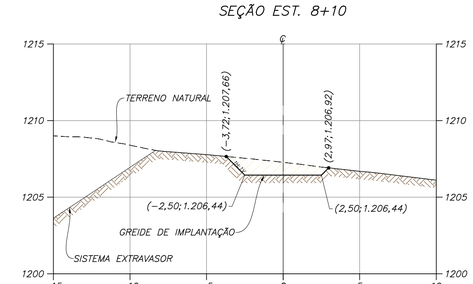
SEÇÃO EST. 7+10



SEÇÃO EST. 8+0



SEÇÃO EST. 8+10



SEÇÃO EST. 9+0

LEGENDA:

- TERRENO NATURAL
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- ATERRO COMPACTADO
- (3,10; 873,41) – DISTÂNCIA DO EIXO; ELEVAÇÃO

0 4 8 12 16 20m

ESCALA ORIGINAL 1:200

SEÇÕES TRANSVERSAIS – ACESSO OMBREIRA DIREITA

ESC. 1:200

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19–263–1–ETC–0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–PLA–0001
5. ACESSOS – ARRANJO GERAL – DF19–263–1–EG–DWG–0048
6. ACESSO OMBREIRA DIREITA – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 01/04 A 04/04 DF19–263–1–EG–DWG–0049 A DF19–263–1–EG–DWG–0052
7. ACESSO OMBREIRA DIREITA – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 02/03 A 03/03 DF19–263–1–EG–DWG–0054 A DF19–263–1–EG–DWG–0055

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

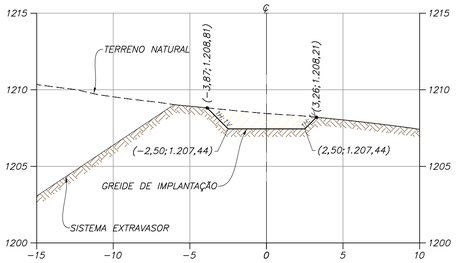
Mosaic Fertilizantes

odf

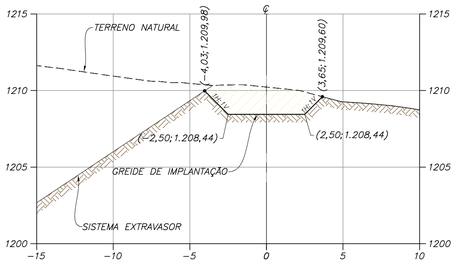
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR | Nº DO PROJETO: – | Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
ACESSOS CONSTRUTIVOS – ACESSO OMBREIRA DIREITA
SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/03

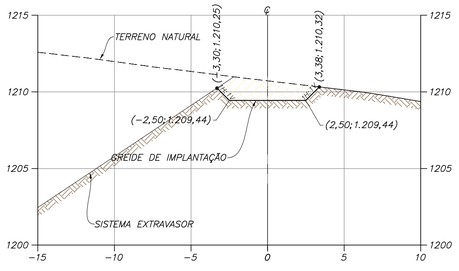
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0053	–	0



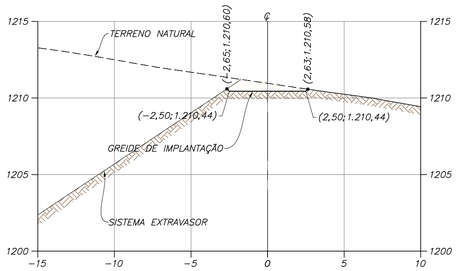
SEÇÃO EST. 9+10



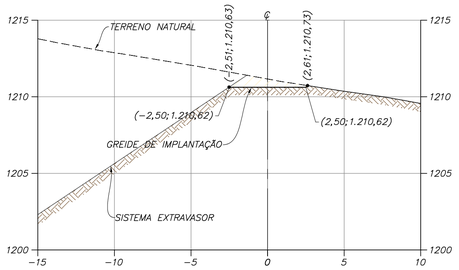
SEÇÃO EST. 10+0



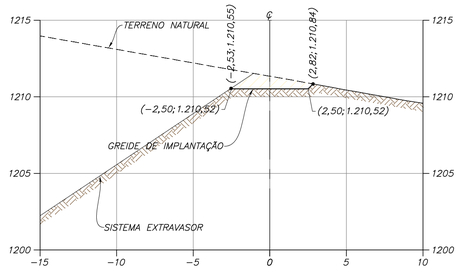
SEÇÃO EST. 10+10



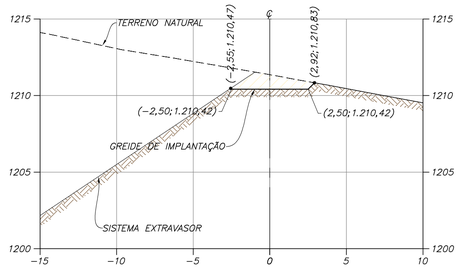
SEÇÃO EST. 11+0



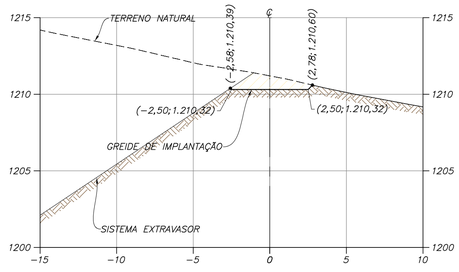
SEÇÃO EST. 11+10



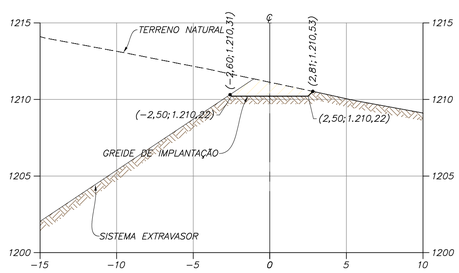
SEÇÃO EST. 12+0



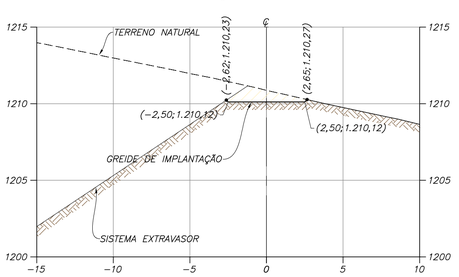
SEÇÃO EST. 12+10



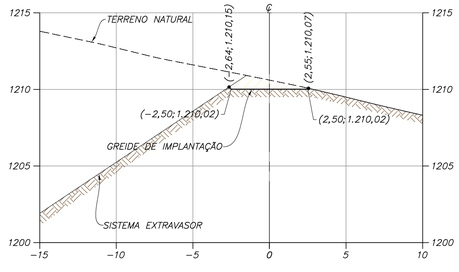
SEÇÃO EST. 13+0



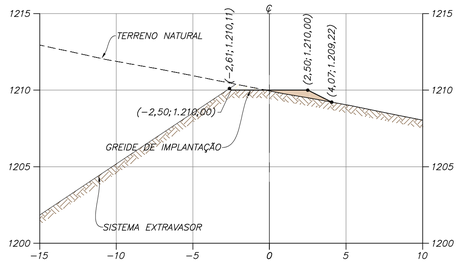
SEÇÃO EST. 13+10



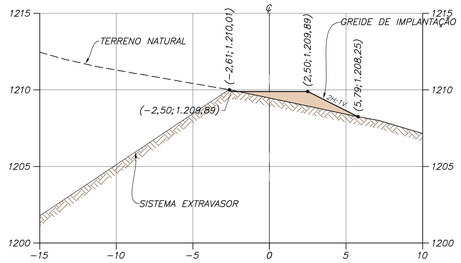
SEÇÃO EST. 14+0



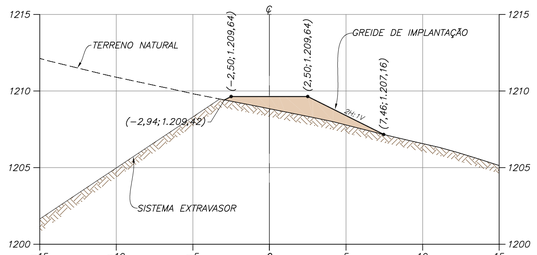
SEÇÃO EST. 14+10



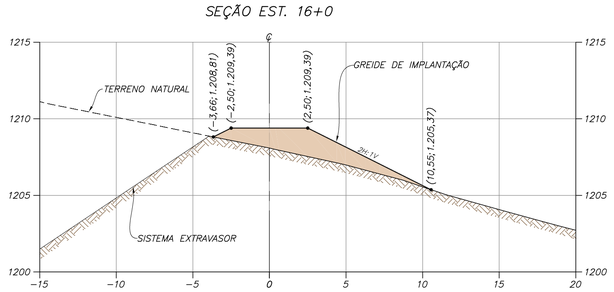
SEÇÃO EST. 15+0



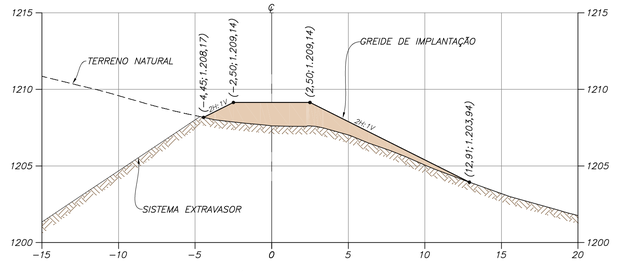
SEÇÃO EST. 15+10



SEÇÃO EST. 16+0



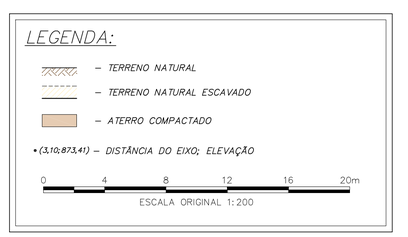
SEÇÃO EST. 16+10



SEÇÃO EST. 17+0

SEÇÕES TRANSVERSAIS – ACESSO OMBREIRA DIREITA

ESC. 1:200



NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19–263–1–ETC–0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–PLA–0001
5. ACESSOS – ARRANJO GERAL – DF19–263–1–EG–DWG–0048
6. ACESSO OMBREIRA DIREITA – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 01/04 A 04/04 DF19–263–1–EG–DWG–0049 A DF19–263–1–EG–DWG–0052
7. ACESSO OMBREIRA DIREITA – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/03 E 03/03 DF19–263–1–EG–DWG–0053 E DF19–263–1–EG–DWG–0055

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

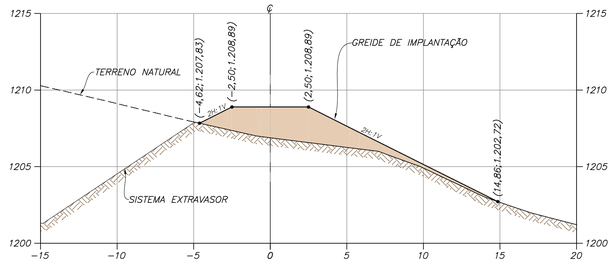
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR | Nº DO PROJETO: – | Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
ACESSOS CONSTRUTIVOS – ACESSO OMBREIRA DIREITA
SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 02/03

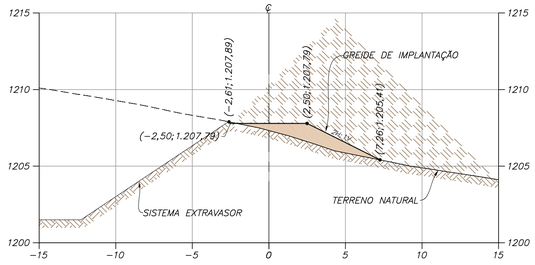
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0054	–	0

PE–G–601 – Rev 6 (A1)

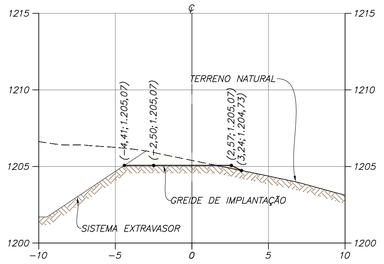
CONFIGURAÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8



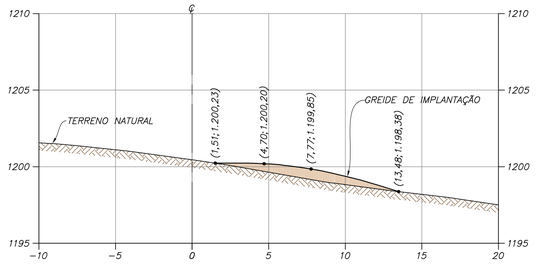
SEÇÃO EST. 17+10



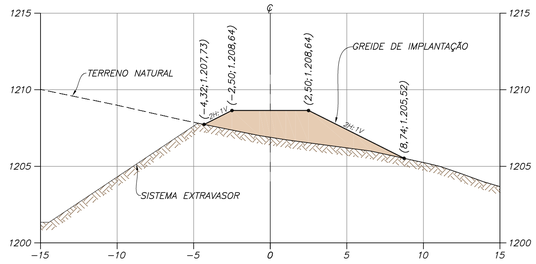
SEÇÃO EST. 19+10



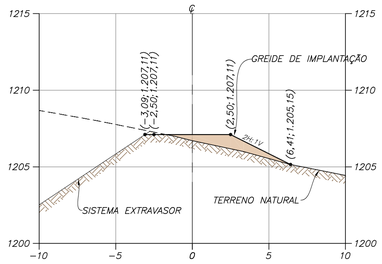
SEÇÃO EST. 21+10



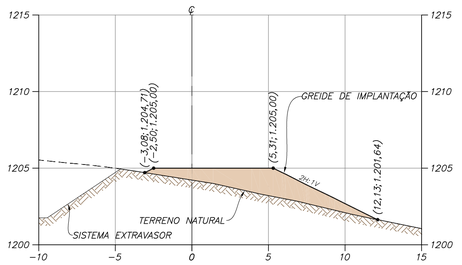
SEÇÃO EST. 23+10



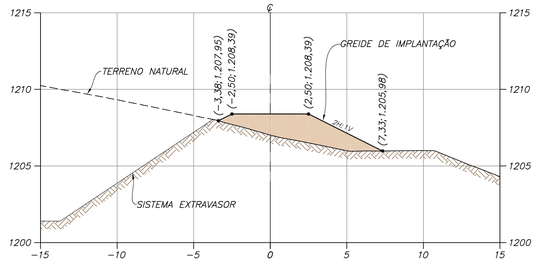
SEÇÃO EST. 18+0



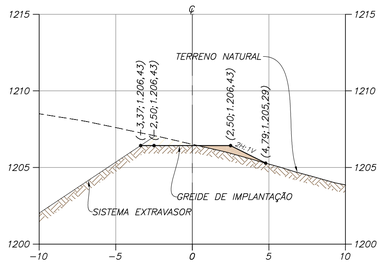
SEÇÃO EST. 20+0



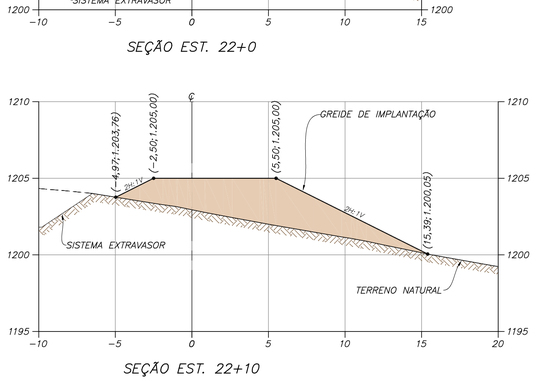
SEÇÃO EST. 22+0



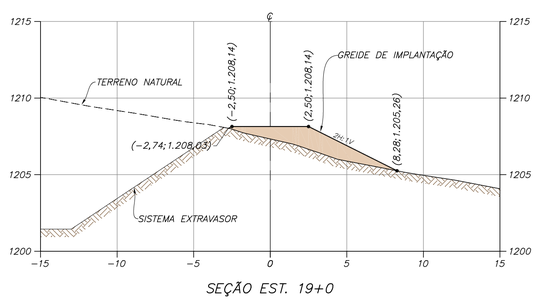
SEÇÃO EST. 18+10



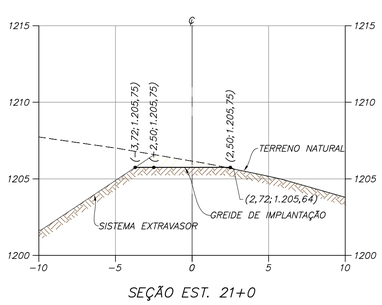
SEÇÃO EST. 20+10



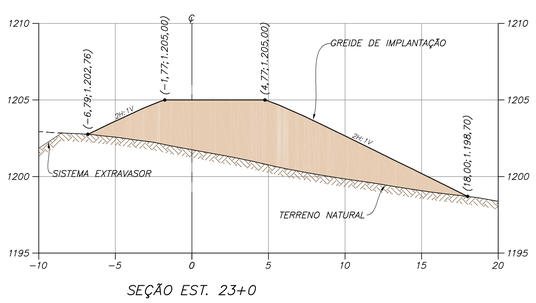
SEÇÃO EST. 22+10



SEÇÃO EST. 19+0



SEÇÃO EST. 21+0



SEÇÃO EST. 23+0

LEGENDA:

- TERRENO NATURAL
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- ATERRO COMPACTADO
- (3,10; 873,41) – DISTÂNCIA DO EIXO; ELEVAÇÃO

0 4 8 12 16 20m

ESCALA ORIGINAL 1:200

SEÇÕES TRANSVERSAIS – ACESSO OMBREIRA DIREITA

ESC. 1:200

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA – DF19-263-1-ETC-0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-PLA-0001
5. ACESSOS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0048
6. ACESSO OMBREIRA DIREITA – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 01/04 A 04/04 DF19-263-1-EG-DWG-0049 A DF19-263-1-EG-DWG-0052
7. ACESSO OMBREIRA DIREITA – SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 01/03 E 02/03 DF19-263-1-EG-DWG-0053 E DF19-263-1-EG-DWG-0054

CORES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO	FC	TS	TO	TO	MC	26/06/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

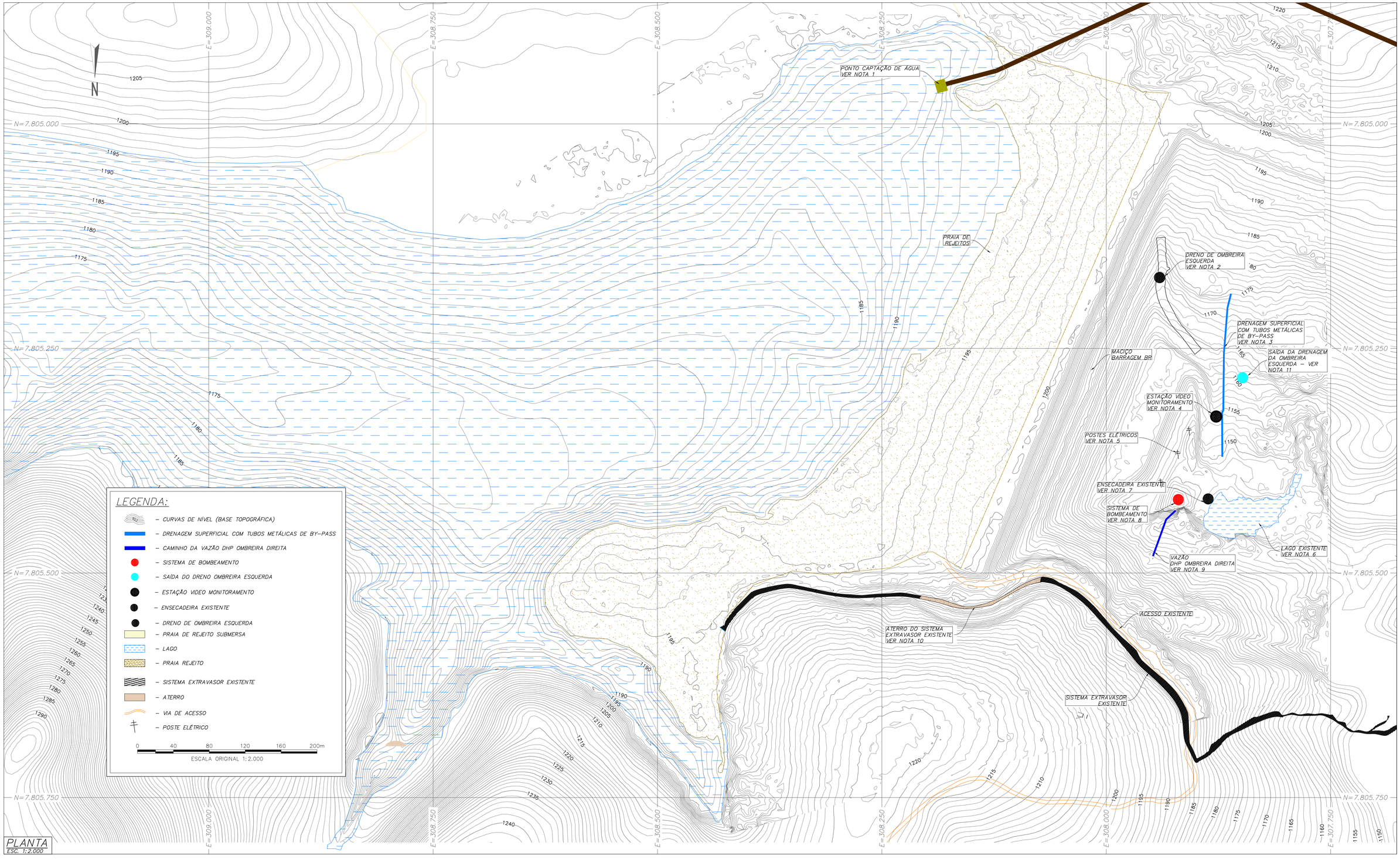
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR | Nº DO PROJETO: – | Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
ACESSOS CONSTRUTIVOS – ACESSO OMBREIRA DIREITA
SEÇÕES TRANSVERSAIS FL. 03/03

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0055	–	0



PLANTA
ESC. 1:2.000

NOTAS

1. O PONTO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DEVERÁ SER MODIFICADO.
2. O DRENO DA OMBREIRA ESQUERDA DEVERÁ SER PROLONGADO CONFORME DESENHO DF19–263–1–EG–DWG–0065.
3. A DRENAGEM SUPERFICIAL EXISTENTE, NO CONTATO COM A OMBREIRA ESQUERDA E QUE UTILIZADA TUBOS METÁLICOS DEVERÁ SER REMOVIDA ANTES DO INÍCIO DAS OBRAS DE ALTEAMENTO.
4. A ESTAÇÃO DE VIDEO MONITORAMENTO DEVE SER REALOCADA ANTES DO INÍCIO DAS OBRAS DE ALTEAMENTO.
5. OS POSTES ELÉTRICOS EXISTENTES DEVEM SER REMOVIDOS ANTES DAS OBRAS DE ALTEAMENTO.
6. APÓS A CONSTRUÇÃO DA ENSECADEIRA A JUSANTE, O LAGO EXISTENTE ENTRE O MACIÇO DA BARRAGEM BR E A NOVA ENSECADEIRA DEVERÁ SER DESAGUADO E A ÁREA MANTIDA DRENADA.
7. A ENSECADEIRA EXISTENTE DEVE SER REMOVIDA.
8. O SISTEMA DE BOMBEAMENTO EXISTENTE DEVE SER REALOCADO PARA PRÓXIMO DA NOVA ENSECADEIRA.
9. A VAZÃO DA OMBREIRA DIREITA DEVE SER DIRECIONADA PARA O CANAL DE CINTURA DA OMBREIRA DIREITA.
10. O EXTRAVASOR EXISTENTE DEVE SER PREENCHIDO COM ATERRO COMPACTADO, CONFORME PROJETO DF19–263–1–EG–DWG–0068.
11. O BUEIRO EXISTENTE PARA TRANSPOSIÇÃO DA SAÍDA DO DRENO DA OMBREIRA ESQUERDA DEVERÁ SER REMOVIDO PARA IMPLANTAÇÃO DO ACESSO NA OMBREIRA ESQUERDA.
12. DE ACORDO COM A MOSAIC, ESTÁ EM IMPLANTAÇÃO OUTRAS ESTRUTURAS NÃO INDICADAS NO DESENHO EM TELA TAIS COMO: ESTAÇÃO MICROSSÍMICA, TORRE DE TRANSMISSÃO DE SINAL E INCLINÔMETRO. QUANDO DO INÍCIO DAS OBRAS PARA ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR, AS ESTRUTURAS SUPRACITADAS DEVERÃO SER CONSIDERADAS COMO INTERFERÊNCIAS E DEVERÁ SER PREVISTO A REALOCAÇÃO E READEQUAÇÃO DAS MESMAS DE ACORDO COM O PROJETO DETALHADO DE ALTEAMENTO.

ESPESSURAS P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. Base Topográfica – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. Relatório Técnico – DF19–263–1–EG–RTE–0005
3. Especificação Técnica – DF19–263–1–ETC–0002
4. Planilha de Quantidades – DF19–263–1–PLA–0002

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
1	E	APROVADO – ATUALIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	FMA	FMA	TO	TO	MC	14/10/20
0	E	APROVADO	FMA	FMA	TO	TO	MC	02/10/20
B	B	ATENDIMENTO A COMENTÁRIOS	FMA	FMA	TO	TO	MC	15/07/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FMA	FMA	TO	TO	MC	29/05/20

REVISÕES

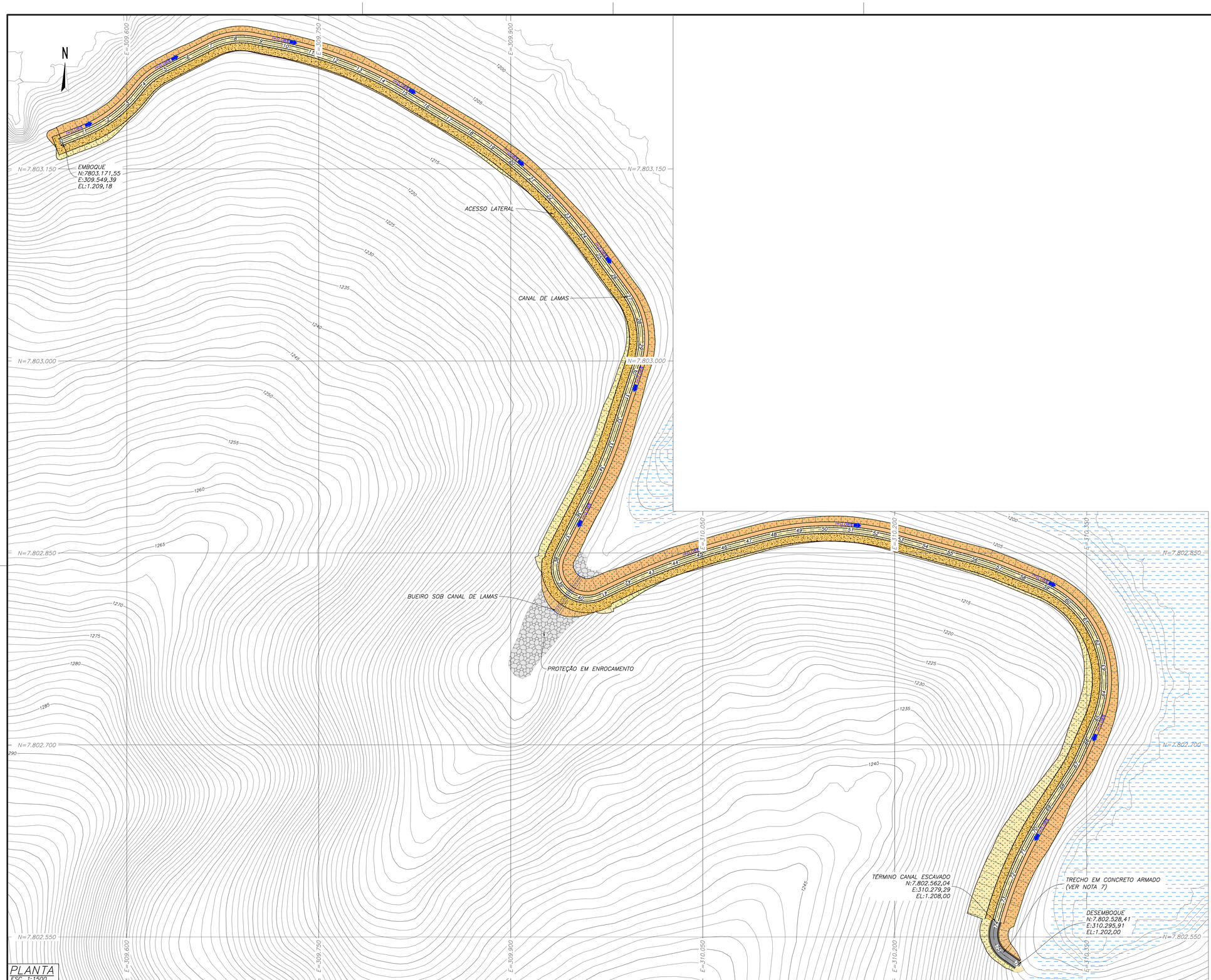
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

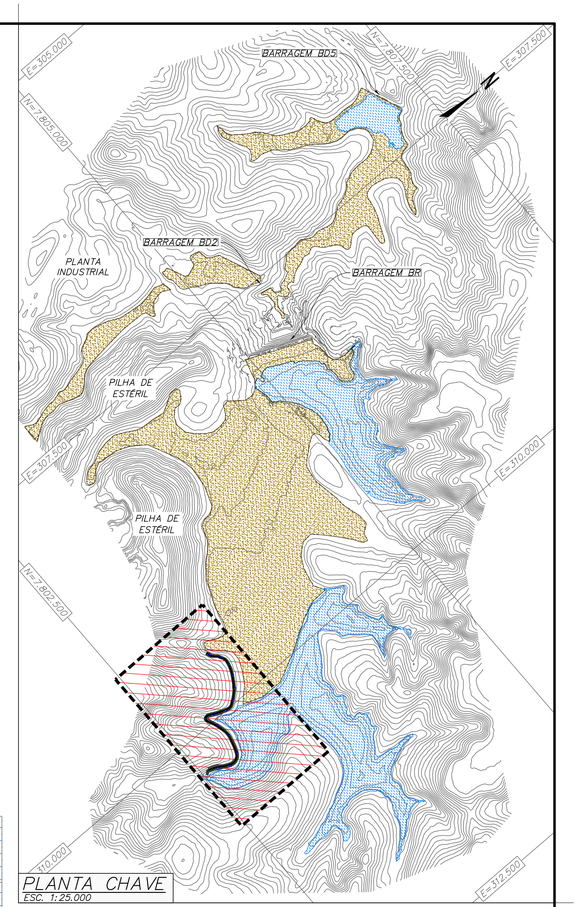
PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00
INTERFERÊNCIAS
PLANTA

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0068	–	1



PLANTA
ESC. 1:1500



PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LATERITA
- ENROCAMENTO
- BUEIRO
- REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS
- REVESTIMENTO – BIOMANTA
- LAGO – NA NORMAL – EL. 1202,0 M
- PRAIA REJEITO

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 30 60 90 120 150m
ESCALA ORIGINAL 1:1.500

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVADADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. TRECHO EM SEÇÃO RETANGULAR.
8. COMO CRITÉRIO PARA IMPLANTAÇÃO DA BIOMANTA FOI CONSIDERADO UM TALUDE DE CORTE OU ATERRO COM ALTURA MAIOR OU IGUAL A 5 METROS. PARA TALUDES COM ALTURA INFERIOR A 5 METROS, CONSIDEROU-SE A APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO VEGETAL EM GRAMA EM PLACAS PARA CONTROLE DE EROSÕES. ABAIXO SEGUE O ESTAQUEAMENTO DE CADA SOLUÇÃO ADOTADA:

BIOMANTA

TALUDE DE ATERRO : TRECHO 1 – ESTACA 32+0,00 A 44+0,00 E TRECHO 2 – ESTACA 65+0,00 A 73+0,00

TALUDE DE CORTE : TRECHO ÚNICO – ESTACA 64+0,00 A 75+0,00.

GRAMA EM PLACAS

PARA OS DEMAIS TALUDES DE CORTE E ATERRO, SERÃO UTILIZADOS APENAS GRAMA EM PLACAS.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0001
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.
12. CANAL DE LAMAS – DRENAGEM SOB TRECHO EM CONCRETO – DF19-263-1-EG-DWG-093.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	05/10/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

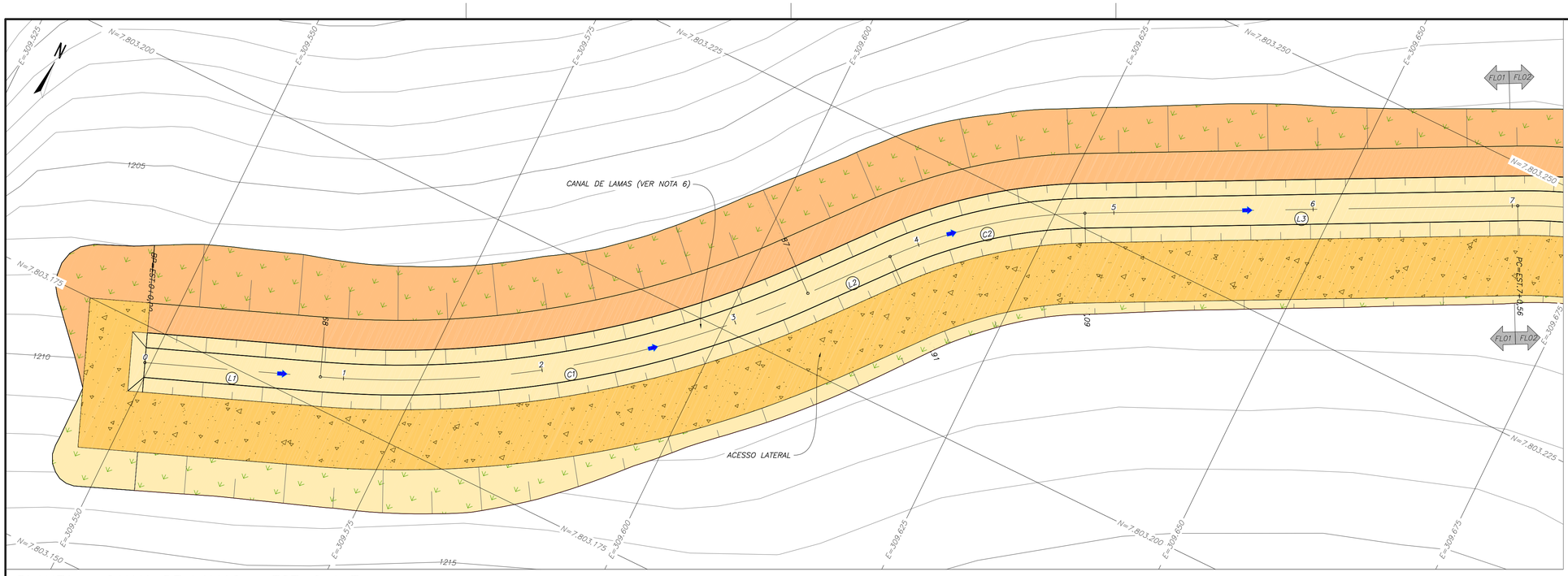
INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

Mosaic Fertilizantes

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
ARRANJO GERAL – PLANTA

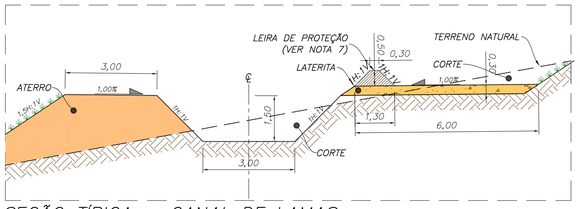
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0074	–	0



PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 0 A 7

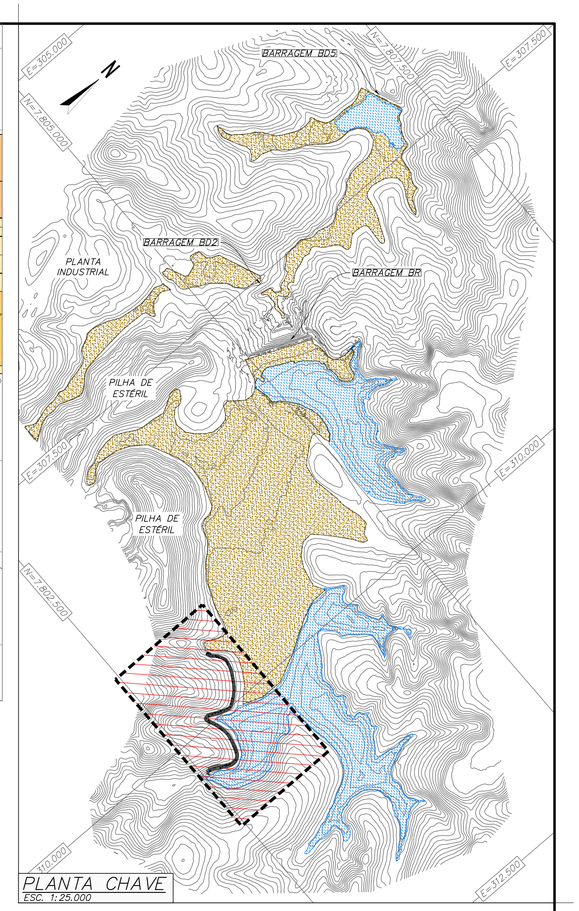
ESC. 1:250

QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS												
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
L1	EST.: 0+0,00 E: 309.549,40 N: 7.803.171,56	EST.: 0+17,68 E: 309.565,87 N: 7.803.177,99	N68°39'21,11"E	–	–	–	17,68	–	–	–	–	–
C1	PC EST.: 0+17,68 E: 309.565,87 N: 7.803.177,99	PT EST.: 3+7,87 E: 309.606,19 N: 7.803.206,99	–	EST.: 2+3,32 E: 309.589,74 N: 7.803.187,32	E: 309.529,47 N: 7.803.271,13	28°45'15,03"	50,19	100,00	25,63	3,23	3,13	49,66
L2	EST.: 3+7,87 E: 309.606,19 N: 7.803.206,99	EST.: 3+16,91 E: 309.611,99 N: 7.803.213,92	N39°54'06,08"E	–	–	–	9,04	–	–	–	–	–
C2	PC EST.: 3+16,91 E: 309.611,99 N: 7.803.213,92	PT EST.: 4+17,09 E: 309.627,66 N: 7.803.226,41	–	EST.: 4+7,14 E: 309.618,55 N: 7.803.221,77	E: 309.650,34 N: 7.803.181,85	23°07'19,51"	20,18	50,00	10,23	1,04	1,01	20,04
L3	EST.: 4+17,09 E: 309.627,66 N: 7.803.226,41	EST.: 7+0,56 E: 309.666,40 N: 7.803.246,13	N63°01'25,59"E	–	–	–	43,47	–	–	–	–	–



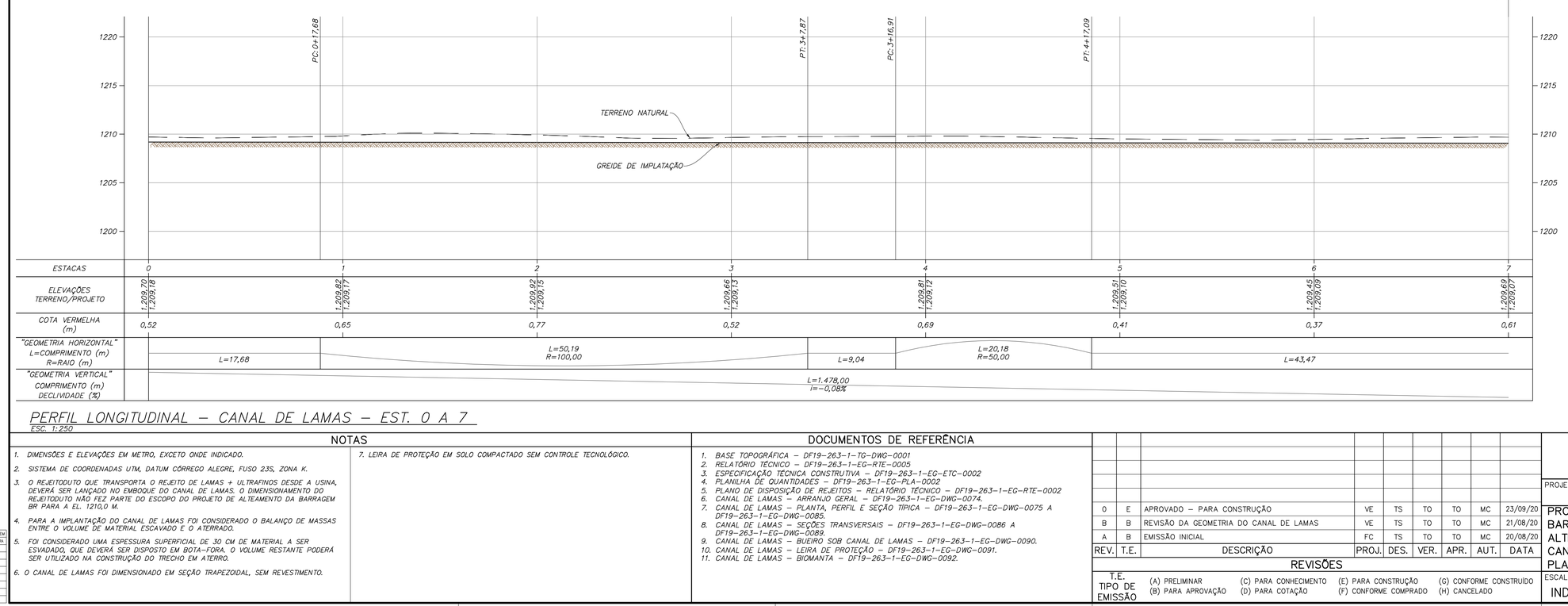
SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS

ESC. 1:100



PLANTA CHAVE

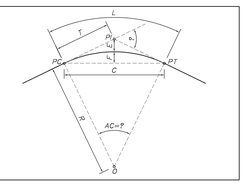
ESC. 1:25.000



PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 0 A 7

ESC. 1:250

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO



LEGENDA:

- – CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- – ESCAVAÇÃO PROJETADA
- – ATERRO PROJETADO
- – SENTIDO DO FLUXO
- – LATERITA
- – TERRENO NATURAL ESCAVADO
- – REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- – REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVADADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.

VESTIÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N.: 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19–263–1–TG–DWG–0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19–263–1–EG–ETC–0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19–263–1–EG–PLA–0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19–263–1–EG–RTE–0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19–263–1–EG–DWG–0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19–263–1–EG–DWG–0075 A DF19–263–1–EG–DWG–0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19–263–1–EG–DWG–0086 A DF19–263–1–EG–DWG–0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19–263–1–EG–DWG–0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19–263–1–EG–DWG–0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19–263–1–EG–DWG–0092.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO
(A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

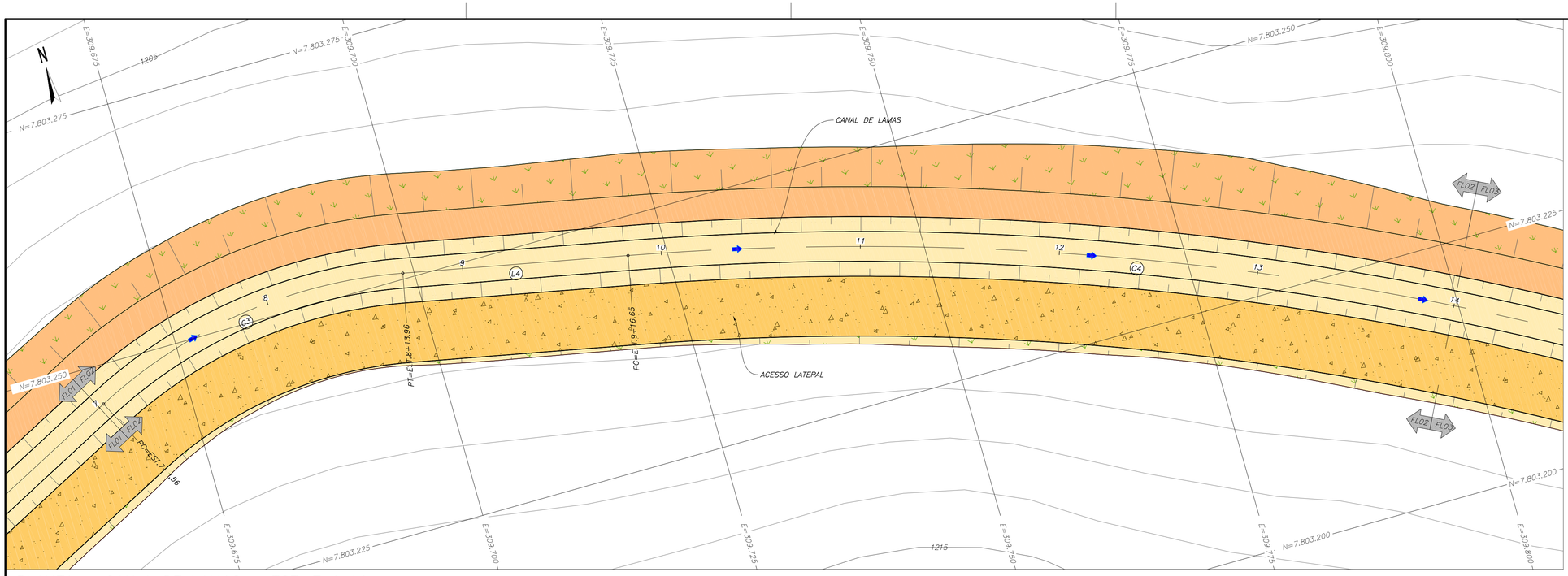
Mosaic Fertilizantes

PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 01/11

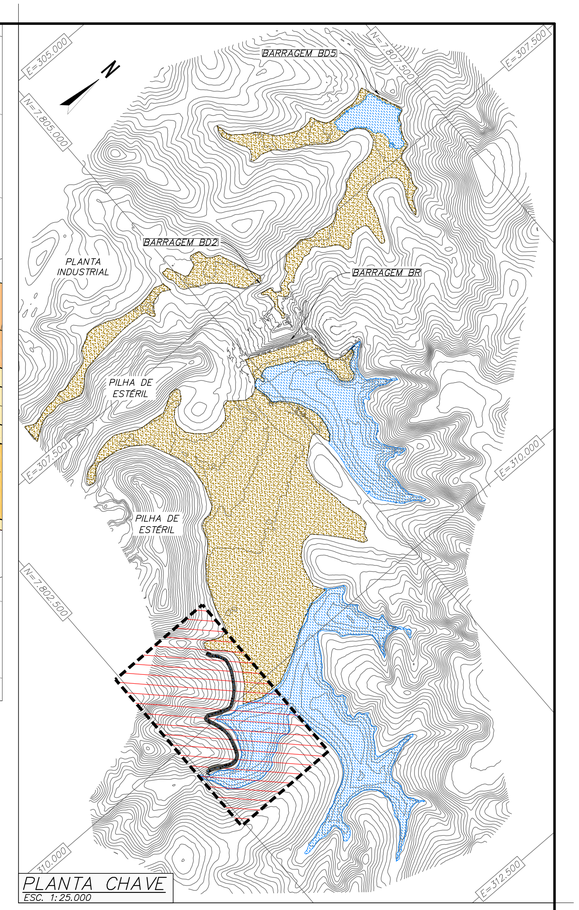
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19–263–1–EG–DWG–0075	–	0

PE–G–601 – Rev 6 (A1)



PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 7 A 14

ESC. 1:250

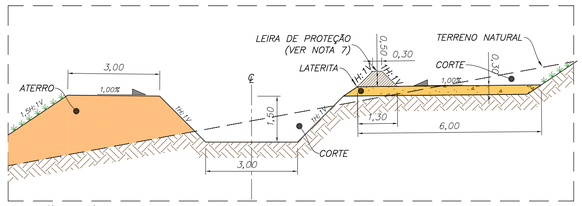


PLANTA CHAVE

ESC. 1:25.000

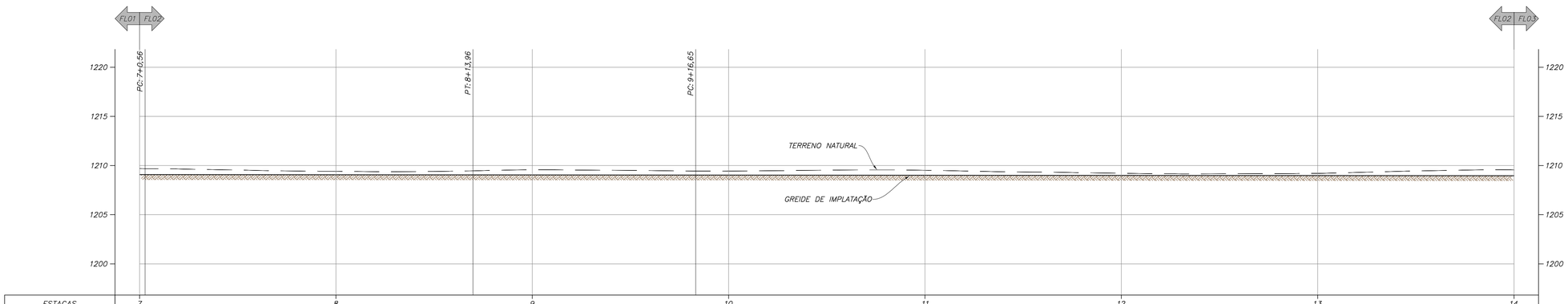
QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS

ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C3	PC EST.: 7+0,56 E: 309.666,40 N: 7.803.246,13	PT EST.: 8+13,96 E: 309.698,88 N: 7.803.250,60	–	EST.: 7+17,91 E: 309.681,87 N: 7.803.254,00	E: 309.689,08 N: 7.803.201,57	38°16'43,93"	33,40	50,00	17,35	2,93	2,76	32,79
L4	EST.: 8+13,96 E: 309.698,88 N: 7.803.250,60	EST.: 9+16,65 E: 309.721,13 N: 7.803.246,15	S78°41'50,48"E	–	–	–	22,69	–	–	–	–	–
C4	PC EST.: 9+16,65 E: 309.721,13 N: 7.803.246,15	PT EST.: 14+19,14 E: 309.816,29 N: 7.803.209,45	–	EST.: 12+8,40 E: 309.771,87 N: 7.803.236,01	E: 309.662,33 N: 7.802.951,97	19°34'25,37"	102,49	300,00	51,75	4,43	4,37	101,99



SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS

ESC. 1:100

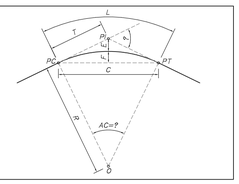


ESTACAS	7	8	9	10	11	12	13	14
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.209,69 / 1.209,07	1.209,41 / 1.209,05	1.209,57 / 1.209,04	1.209,43 / 1.209,02	1.209,52 / 1.209,01	1.209,21 / 1.208,99	1.209,20 / 1.208,97	1.209,56 / 1.208,96
COTA VERMELHA (m)	0,61	0,36	0,53	0,41	0,51	0,22	0,23	0,60
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)	L=43,47	L=33,40 R=50,00	L=22,69			L=102,49 R=300,00		
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)				L=1.478,00 i=-0,08%				

PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 7 A 14

ESC. 1:250

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO



LEGENDA:

- R=? – CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- – ESCAVAÇÃO PROJETADA
- – ATERRO PROJETADO
- – SENTIDO DO FLUXO
- – LATERITA
- – TERRENO NATURAL ESCAVADO
- – REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- – REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVADADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.

CORES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

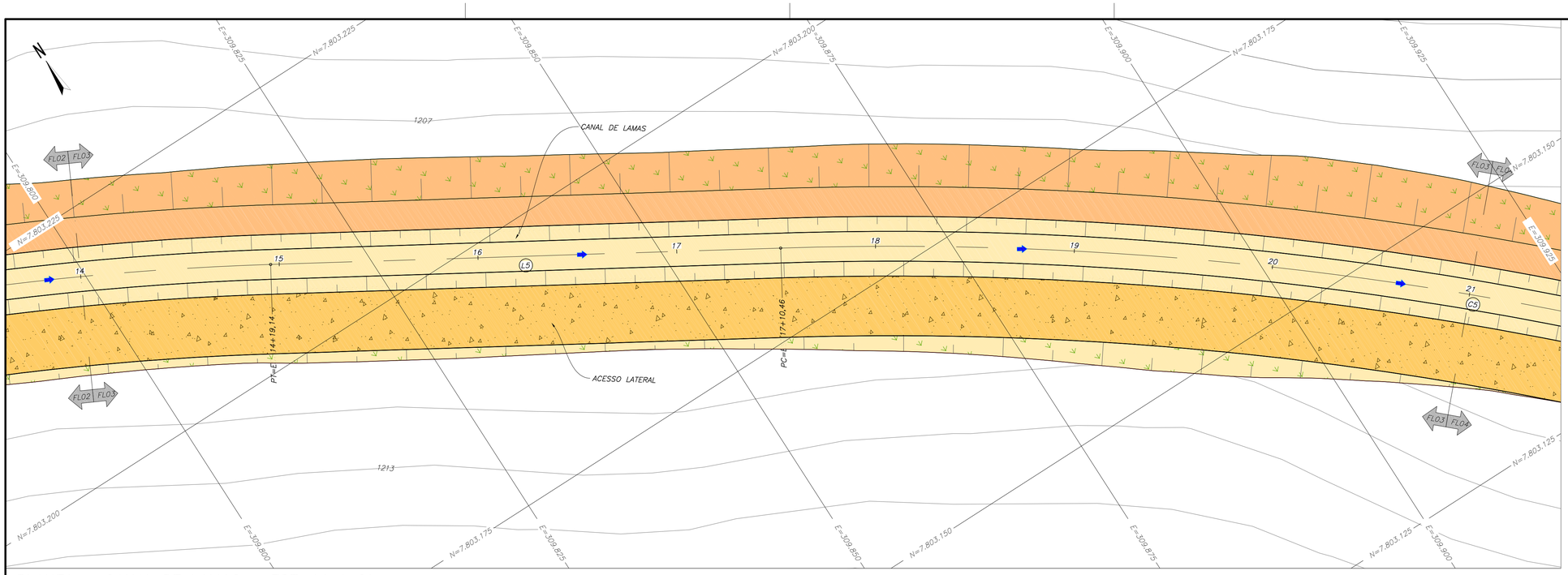
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

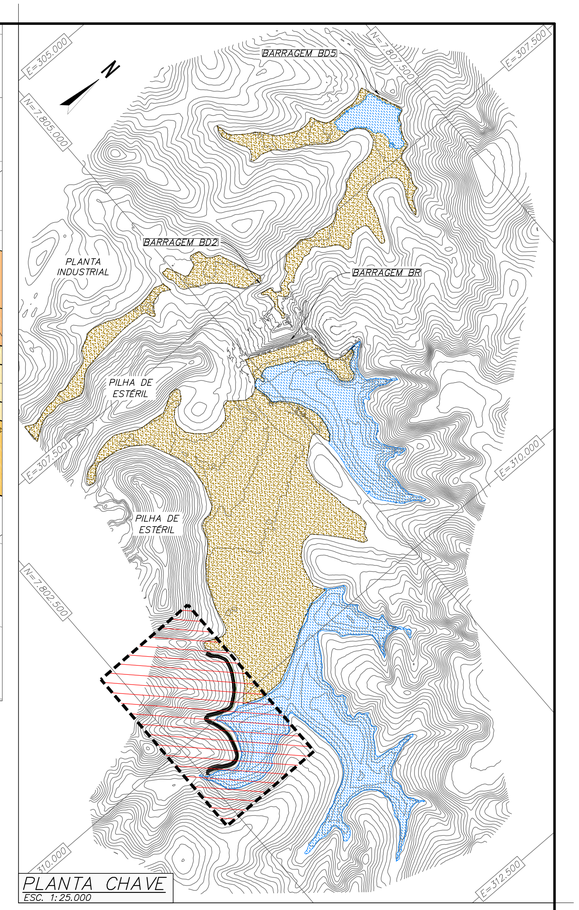
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR | Nº DO PROJETO: – | Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 02/11

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0076	–	0

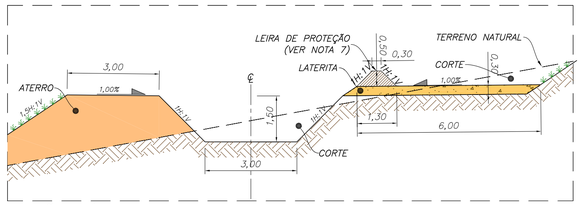


PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 14 A 21
ESC. 1:250



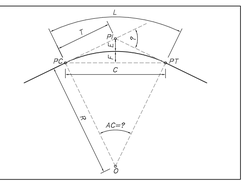
PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

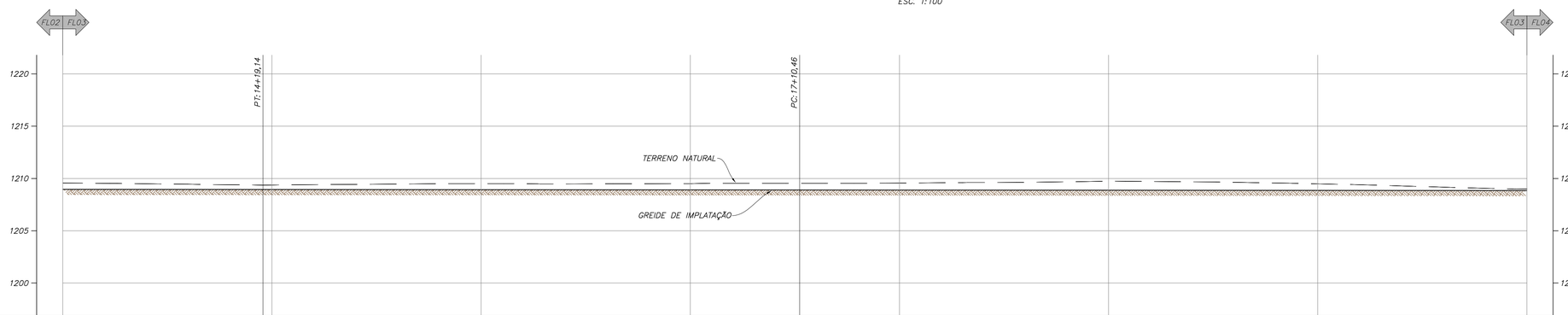
QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS												
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
L5	EST.: 14+19,14 E: 309.816,29 N: 7.803.209,45	EST.: 17+10,46 E: 309.860,33 N: 7.803.183,12	S59°07'25,11"E	–	–	–	51,32	–	–	–	–	–
C5	PC EST.: 17+10,46 E: 309.860,33 N: 7.803.183,12	PT EST.: 24+10,58 E: 309.963,21 N: 7.803.089,36	–	EST.: 21+1,47 E: 309.921,28 N: 7.803.146,67	E: 309.680,72 N: 7.802.882,72	22°56'17,05"	140,12	350,00	71,01	7,13	6,99	139,19



SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS
ESC. 1:100

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO





ESTACAS	14	15	16	17	18	19	20	21
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.209,56 1.208,96	1.209,37 1.208,94	1.209,51 1.208,53	1.209,51 1.208,91	1.209,56 1.208,69	1.209,74 1.208,88	1.209,49 1.208,86	1.209,00 1.208,85
COTA VERMELHA (m)	0,60	0,43	0,58	0,60	0,66	0,86	0,63	0,15
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)		L=102,49 R=300,00		L=51,32		L=140,12 R=350,00		
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)				L=1.478,00 i=-0,08%				

PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 14 A 21
ESC. 1:250

LEGENDA:
- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LATERITA
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVADADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

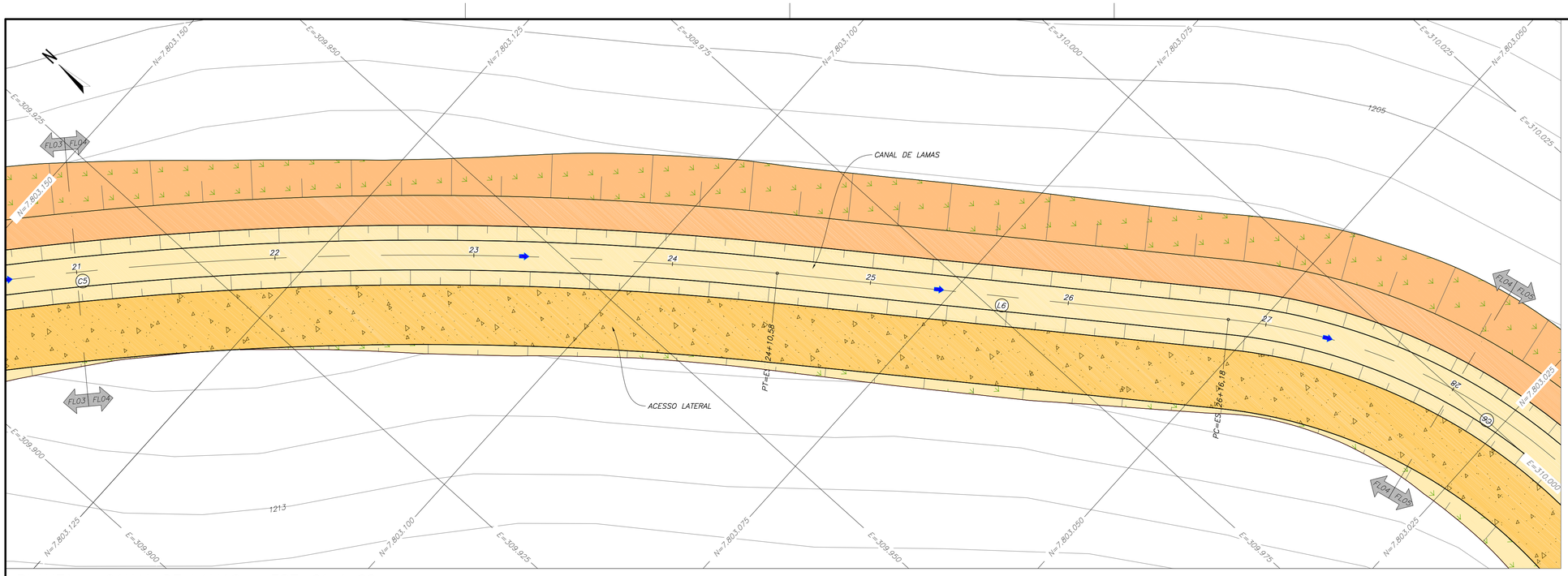
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 03/11

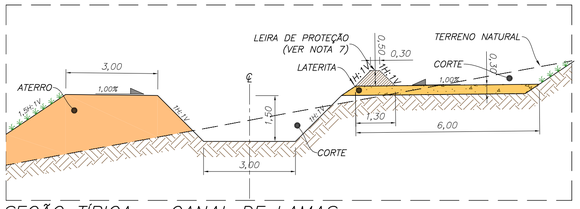
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0077	–	0



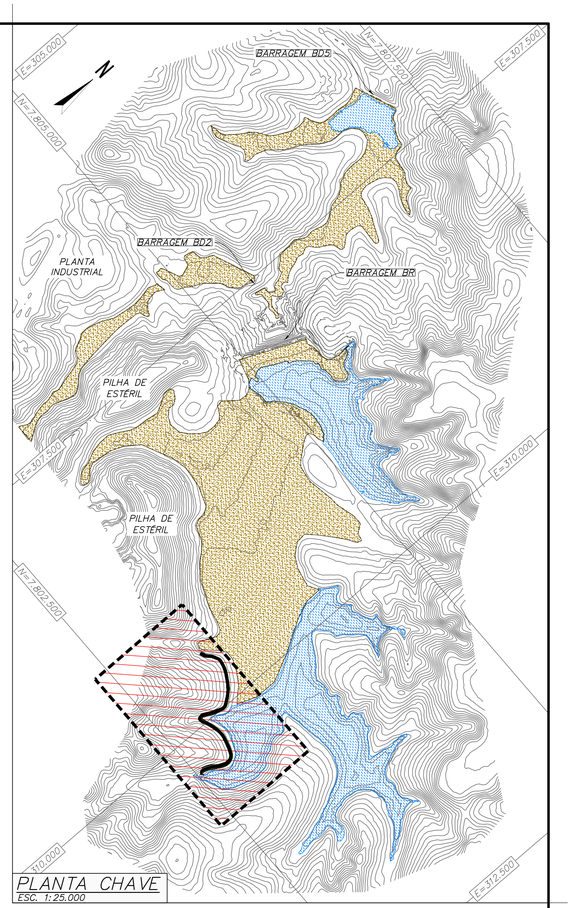
PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 21 A 28
ESC. 1:250

QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS

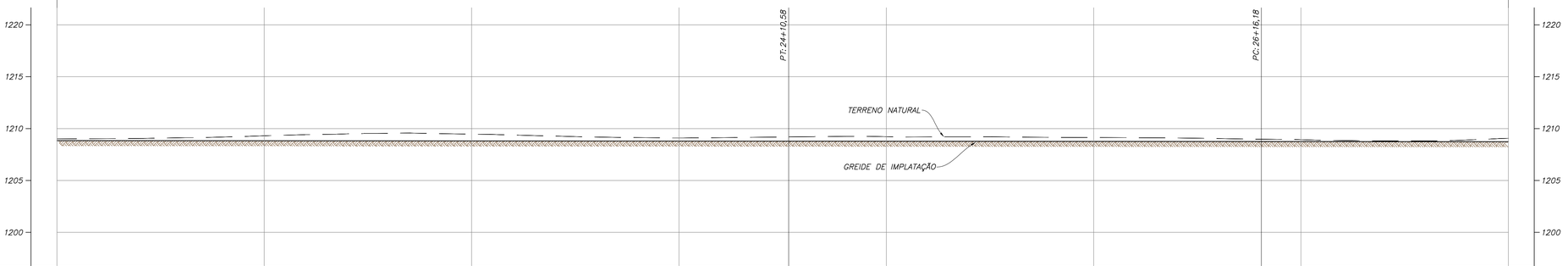
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C5	PC EST.: 17+10,46 E: 309.860,33 N: 7.803.183,12	PT EST.: 24+10,58 E: 309.963,21 N: 7.803.089,36	–	EST.: 21+1,47 E: 309.921,28 N: 7.803.146,67	E: 309.680,72 N: 7.802.882,72	22°56'17,05"	140,12	350,00	71,01	7,13	6,99	139,19
L6	EST.: 24+10,58 E: 309.963,21 N: 7.803.089,36	EST.: 26+16,18 E: 309.990,13 N: 7.803.052,56	S36°11'08,06"E	–	–	–	45,60	–	–	–	–	–
C6	PC EST.: 26+16,18 E: 309.990,13 N: 7.803.052,56	PT EST.: 29+12,91 E: 309.998,77 N: 7.802.998,60	–	EST.: 28+6,87 E: 310.008,25 N: 7.803.027,79	E: 309.941,70 N: 7.803.017,13	54°10'45,42"	56,74	60,00	30,69	7,39	6,58	54,65



SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS
ESC. 1:100



PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000



ESTACAS	21	22	23	24	25	26	27	28
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.209,00 1.208,85	1.209,30 1.208,83	1.209,46 1.208,81	1.209,10 1.208,80	1.209,22 1.208,78	1.209,14 1.208,77	1.208,93 1.208,75	1.209,06 1.208,73
COTA VERMELHA (m)	0,15	0,47	0,65	0,30	0,44	0,37	0,18	0,32
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)		L=140,12 R=350,00			L=45,60		L=56,74 R=60,00	
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)	L=1.478,00 i=-0,08%							

PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 21 A 28
ESC. 1:250

PC: PONTO DE CURVA	
PT: PONTO DE TANGENTE	
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES	
O: CENTRO DA CURVA	
R: RAIO	
T: TANGENTE EXTERNA	
E: AFASTAMENTO	
F: FLECHA	
L: DESENVOLVIMENTO	
C: CORDA	
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA	
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO	

LEGENDA:

- R=00 – CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- – ESCAVAÇÃO PROJETADA
- – ATERRO PROJETADO
- – SENTIDO DO FLUXO
- – LATERITA
- – TERRENO NATURAL ESCAVADO
- – REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- – REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVADADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,2
GREEN	0,3
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

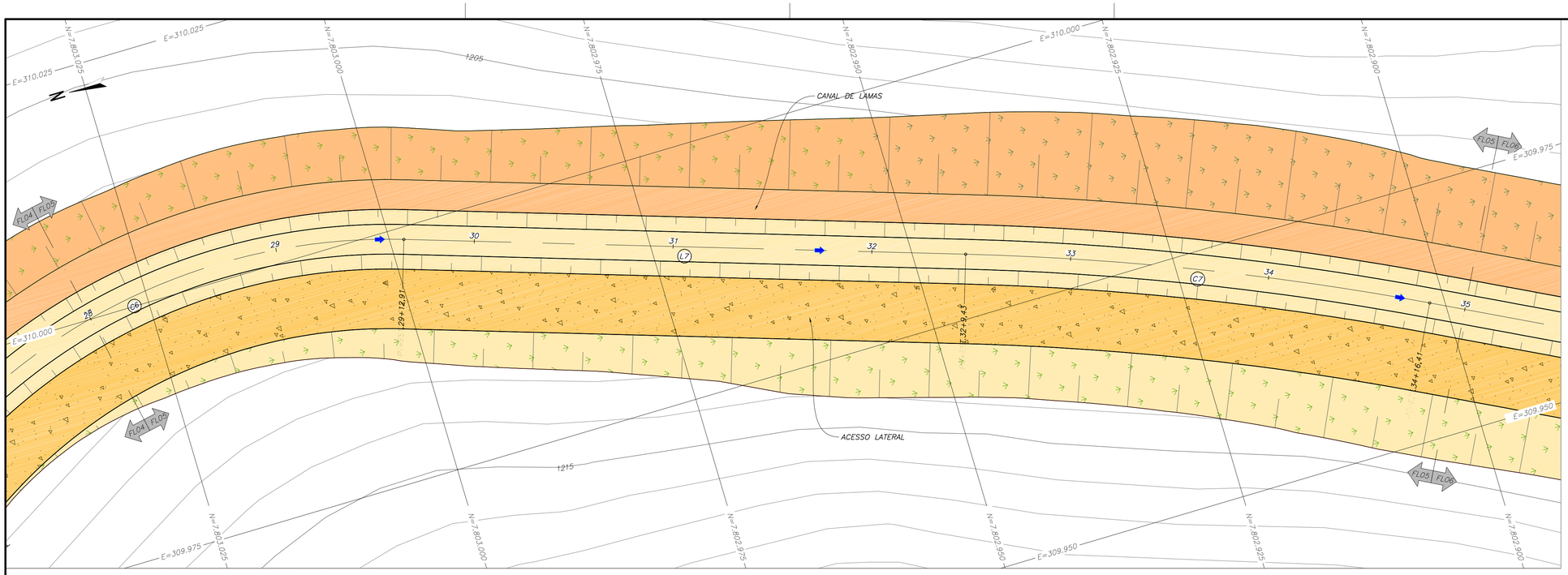
Mosaic Fertilizantes

odf

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 04/11

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0078	–	0

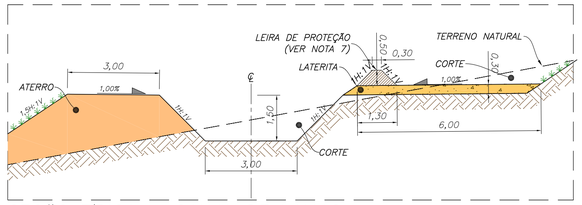


PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 28 A 35

ESC. 1:250

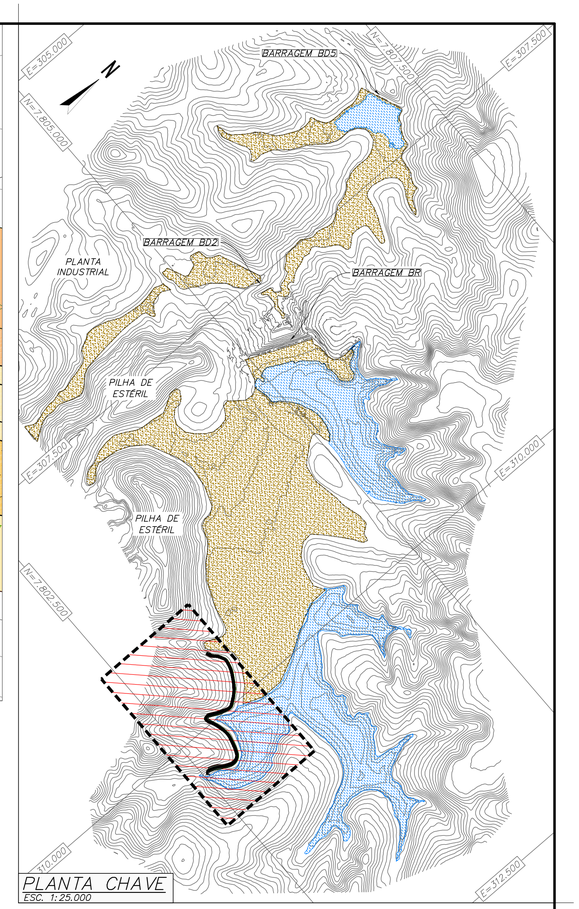
QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS

ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C6	PC EST.: 26+16,18 E: 309.990,13 N: 7.803.052,56	PT EST.: 29+12,91 E: 309.998,77 N: 7.802.998,60	–	EST.: 28+6,87 E: 310.008,25 N: 7.803.027,79	E: 309.941,70 N: 7.803.017,13	54°10'45,42"	56,74	60,00	30,69	7,39	6,58	54,65
L7	EST.: 29+12,91 E: 309.998,77 N: 7.802.998,60	EST.: 32+9,43 E: 309.981,31 N: 7.802.944,84	S17°59'37,36"W	–	–	–	56,52	–	–	–	–	–
C7	PC EST.: 32+9,43 E: 309.981,31 N: 7.802.944,84	PT EST.: 34+16,41 E: 309.963,36 N: 7.802.901,48	–	EST.: 33+12,97 E: 309.974,04 N: 7.802.922,46	E: 309.695,98 N: 7.803.037,52	8°58'17,94"	46,98	300,00	23,54	0,92	0,92	46,93



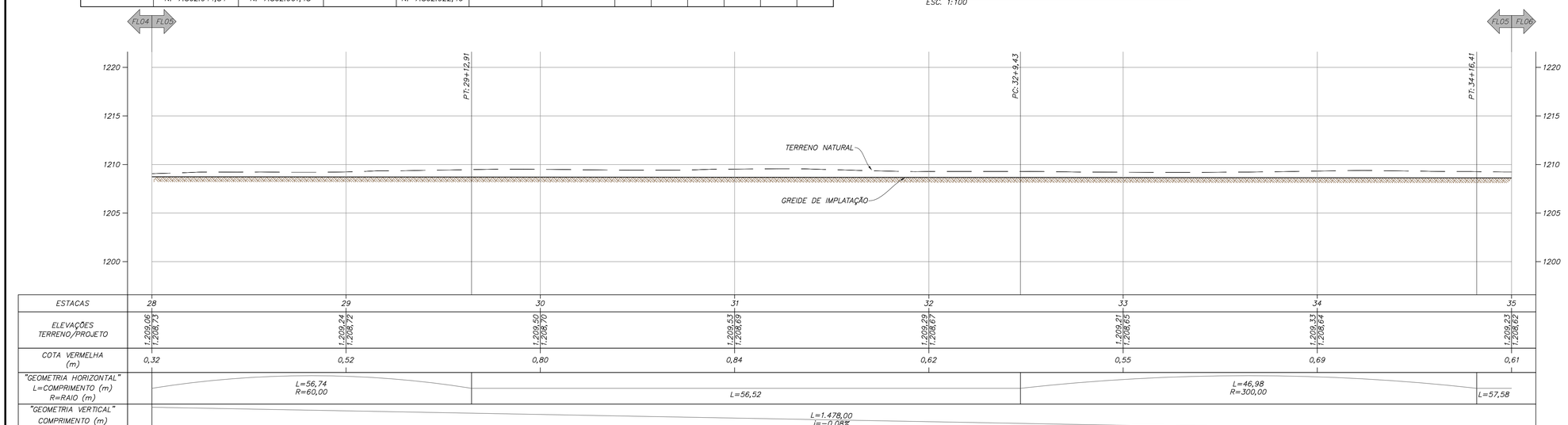
SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS

ESC. 1:100



PLANTA CHAVE

ESC. 1:25.000

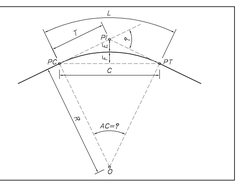


ESTACAS	28	29	30	31	32	33	34	35
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.209,06 1.208,73	1.209,24 1.208,72	1.209,50 1.208,70	1.209,53 1.208,69	1.209,29 1.208,67	1.209,21 1.208,65	1.209,33 1.208,64	1.209,23 1.208,62
COTA VERMELHA (m)	0,32	0,52	0,80	0,84	0,62	0,55	0,69	0,61
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)		L=56,74 R=60,00		L=56,52		L=46,98 R=300,00		L=57,58
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)	L=1.478,00 I=-0,08%							

PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 28 A 35

ESC. 1:250

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO



LEGENDA:

- 1205 – CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- – ESCAVAÇÃO PROJETADA
- – ATERRO PROJETADO
- – SENTIDO DO FLUXO
- – LATERITA
- – TERRENO NATURAL ESCAVADO
- – REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- – REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS
- – REVESTIMENTO – BIOMANTA

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVADADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

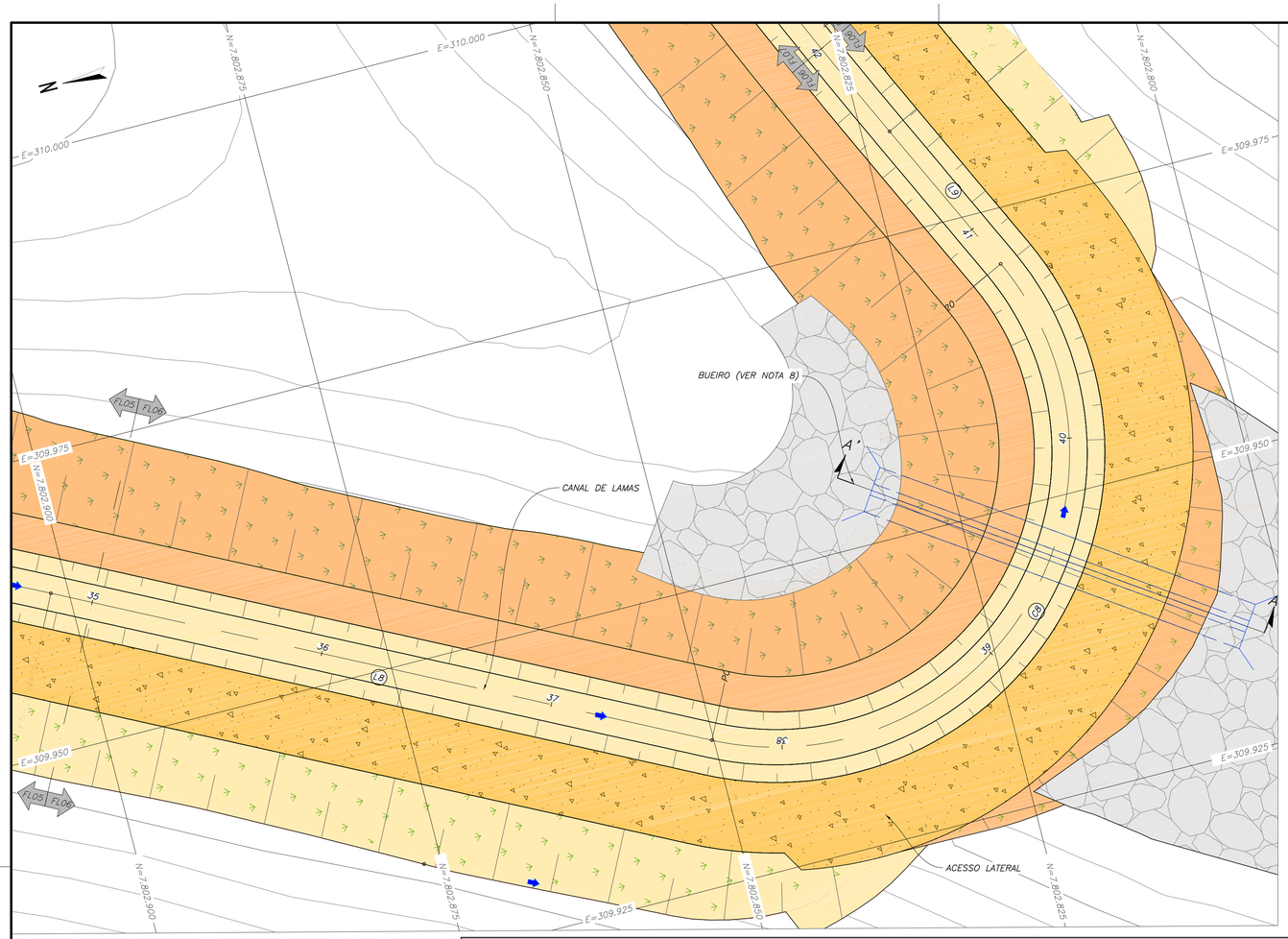
Mosaic Fertilizantes

odf

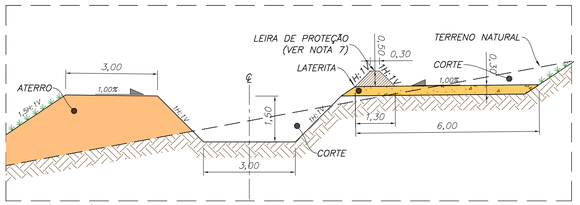
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 05/11

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0079	–	0

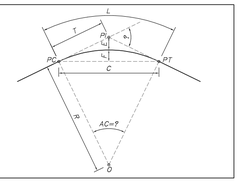


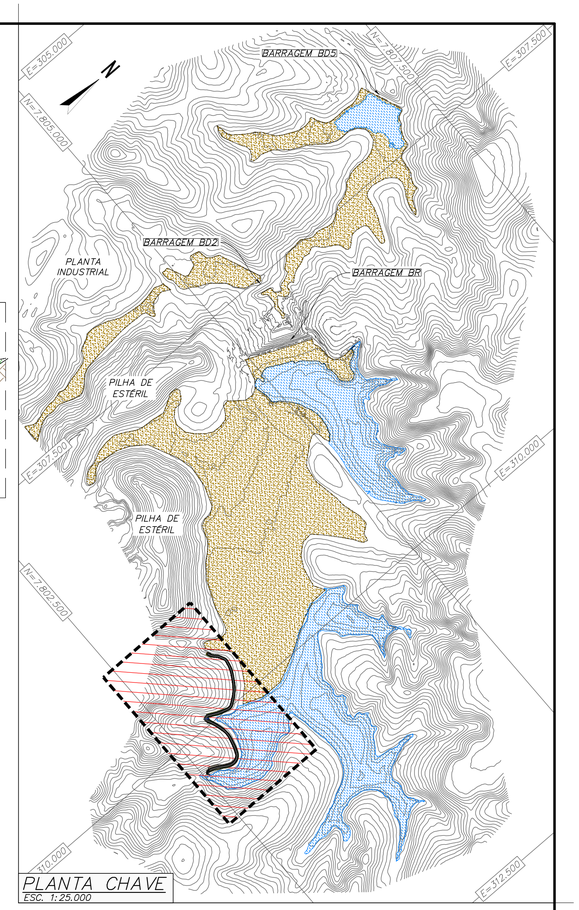
PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 35 A 42
ESC. 1:250



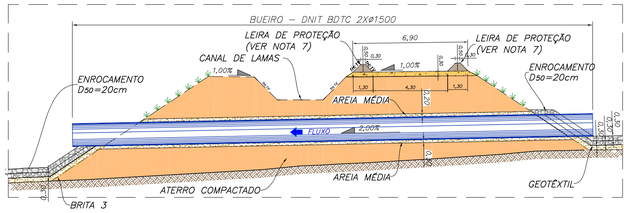
SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS
ESC. 1:100

PC:	PONTO DE CURVA
PT:	PONTO DE TANGENTE
Pi:	PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O:	CENTRO DA CURVA
R:	RAIO
T:	TANGENTE EXTERNA
E:	AFASTAMENTO
F:	FLECHA
L:	DESENVOLVIMENTO
C:	CORDA
AC:	ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ:	ÂNGULO DE DEFLEXÃO





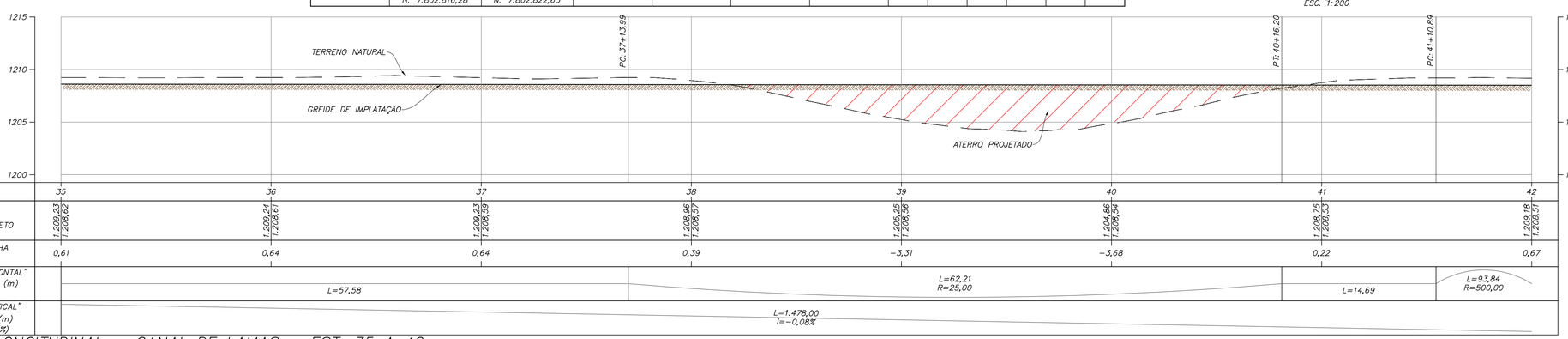
PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000



SEÇÃO TÍPICA – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS
ESC. 1:200

QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS

ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
L8	EST.: 34+16,41 E: 309.963,36 N: 7.802.901,48	EST.: 37+13,99 E: 309.937,26 N: 7.802.850,16	S26°57'55,30"W	–	–	–	57,58	–	–	–	–	–
CB	PC EST.: 37+13,99 E: 309.937,26 N: 7.802.850,16	PT EST.: 40+16,20 E: 309.970,35 N: 7.802.816,28	–	EST.: 41+7,80 E: 309.903,79 N: 7.802.784,38	E: 309.959,54 N: 7.802.838,83	142°34'34,56"	62,21	25,00	73,81	52,93	16,98	47,36
L9	EST.: 40+16,20 E: 309.970,35 N: 7.802.816,28	EST.: 41+10,89 E: 309.983,59 N: 7.802.822,63	N64°23'20,74"E	–	–	–	14,69	–	–	–	–	–



PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 35 A 42
ESC. 1:250

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- ATERRO PROJETADO (PERFIL)
- REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS
- AREIA
- BRITA 3
- ENROCAMENTO
- BUEIRO
- LATERITA
- REVESTIMENTO BIOMANTA

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVADADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.
8. FORAM DIMENSIONADOS DOIS BUEIROS PADRÃO DNIT ø1500 BDTC.

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

REVISÕES

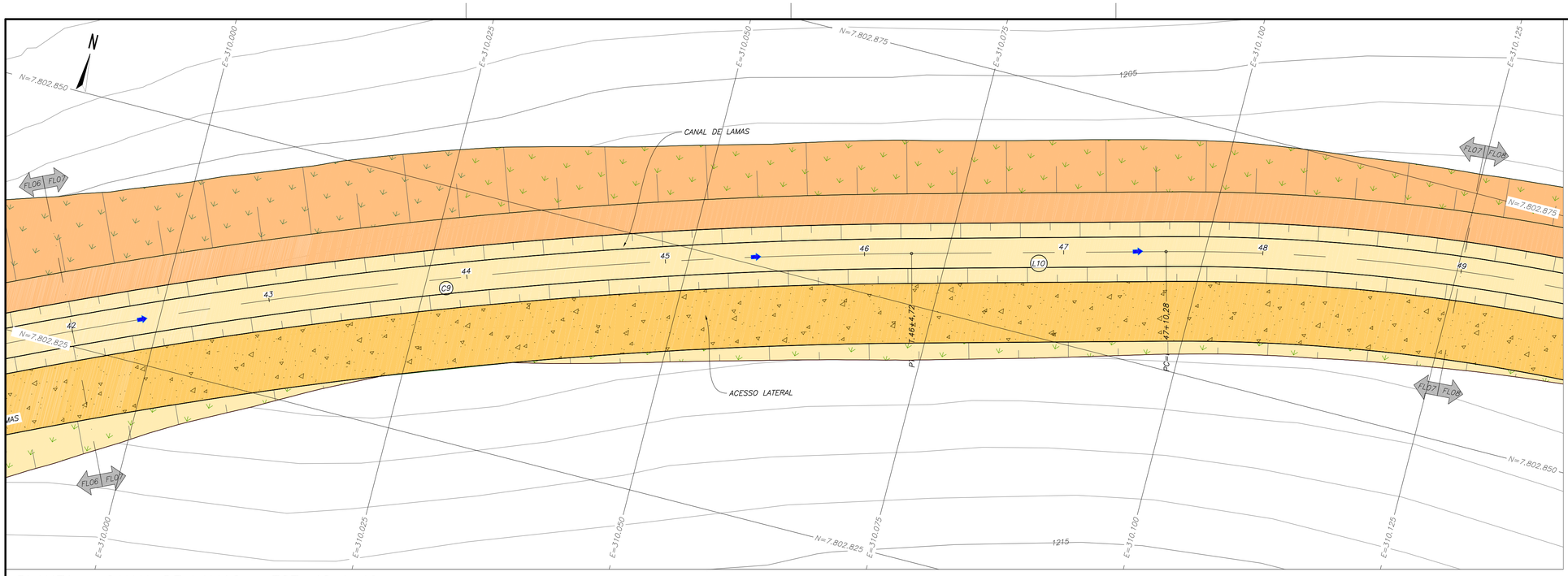
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 06/11

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0080	–	0

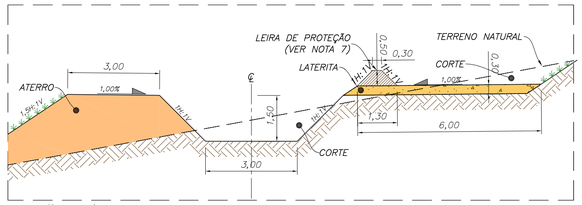


PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 42 A 49

ESC. 1:250

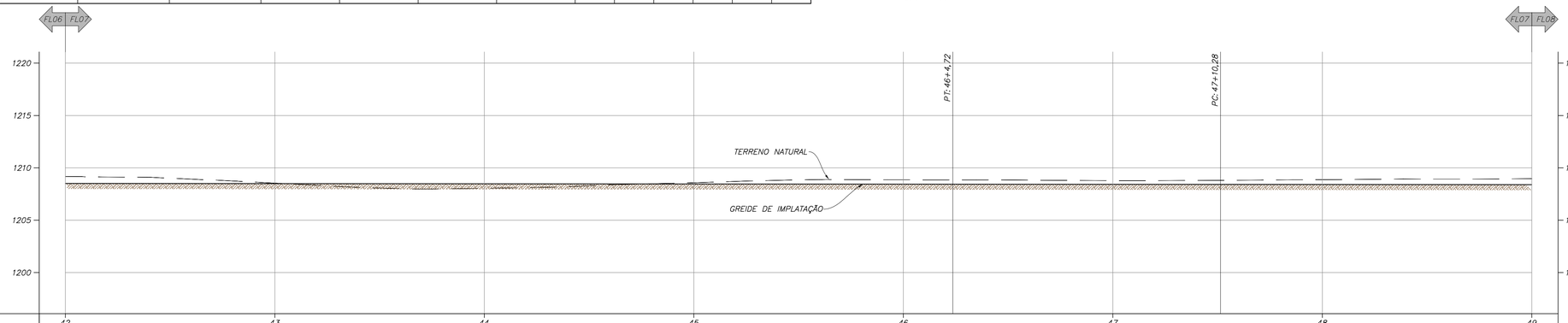
QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS

ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C9	PC EST.: 41+10,89 E: 309.983,59 N: 7.802.822,63	PT EST.: 46+4,72 E: 310.071,51 N: 7.802.855,04	–	EST.: 43+17,94 E: 310.026,02 N: 7.802.842,97	E: 310.199,72 N: 7.802.371,76	10°45'09,92"	93,84	500,00	47,06	2,21	2,20	93,70
L10	EST.: 46+4,72 E: 310.071,51 N: 7.802.855,04	EST.: 47+10,28 E: 310.096,21 N: 7.802.861,59	N75°08'30,66"E	–	–	–	25,56	–	–	–	–	–
C10	PC EST.: 47+10,28 E: 310.096,21 N: 7.802.861,59	PT EST.: 52+15,35 E: 310.200,07 N: 7.802.861,25	–	EST.: 50+4,06 E: 310.148,19 N: 7.802.875,38	E: 310.147,49 N: 7.802.668,28	30°05'57,77"	105,07	200,00	53,78	7,10	6,86	103,86



SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS

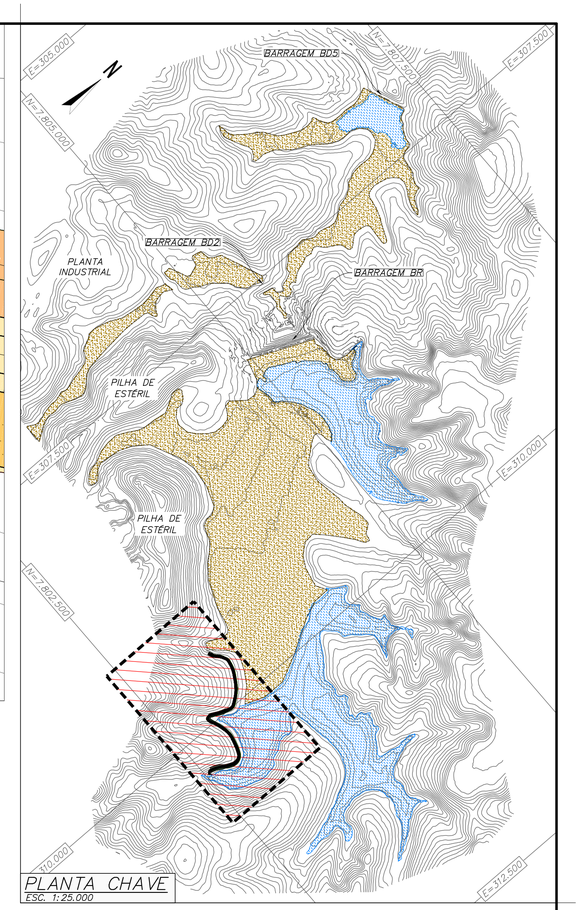
ESC. 1:100



ESTACAS	42	43	44	45	46	47	48	49
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.209,18 1.208,51	1.208,54 1.208,49	1.208,05 1.208,48	1.208,58 1.208,46	1.208,85 1.208,45	1.208,78 1.208,43	1.208,87 1.208,41	1.208,97 1.208,40
COTA VERMELHA (m)	0,67	0,05	−0,43	0,12	0,41	0,35	0,46	0,57
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)		L=93,84 R=500,00				L=25,56		L=105,07 R=200,00
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)				L=1.478,00 i=−0,08%				

PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 42 A 49

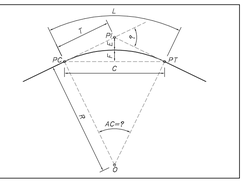
ESC. 1:250



PLANTA CHAVE

ESC. 1:25.000

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO



LEGENDA:

- – CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- – ESCAVAÇÃO PROJETADA
- – ATERRO PROJETADO
- – SENTIDO DO FLUXO
- – LATERITA
- – TERRENO NATURAL ESCAVADO
- – REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- – REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS
- – REVESTIMENTO – BIOMANTA

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVADADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.

CORES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,25
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TECNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

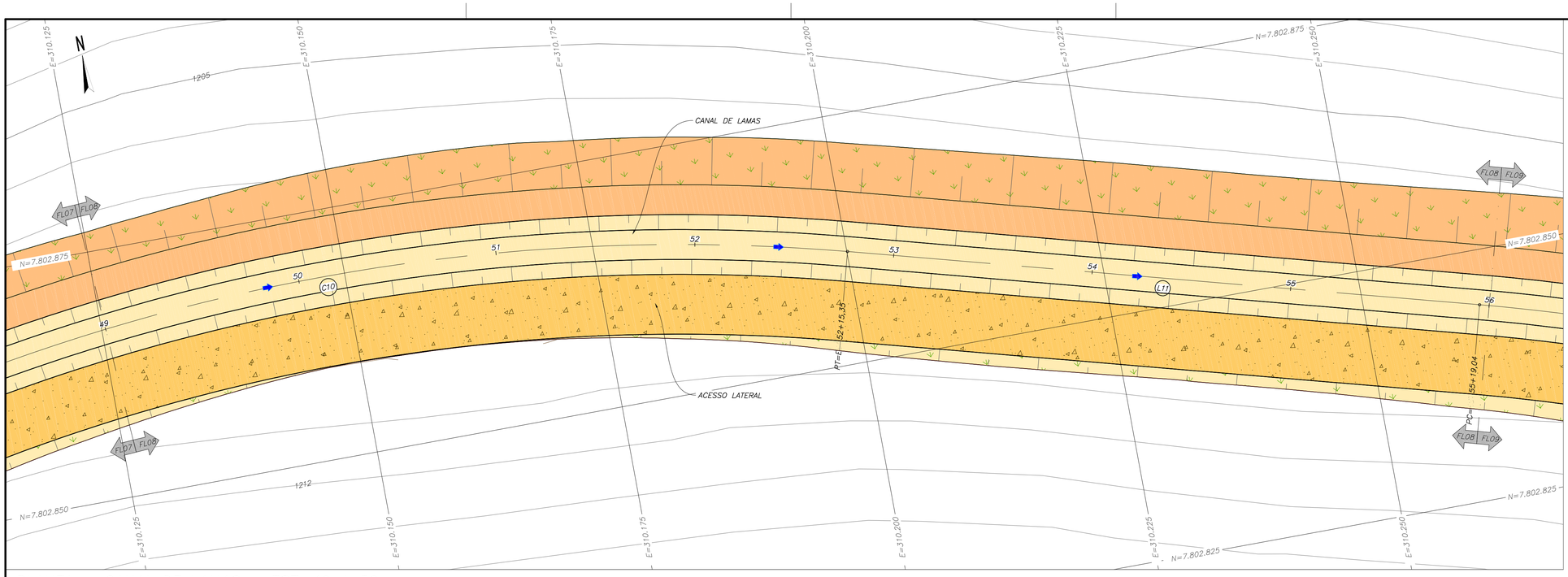
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

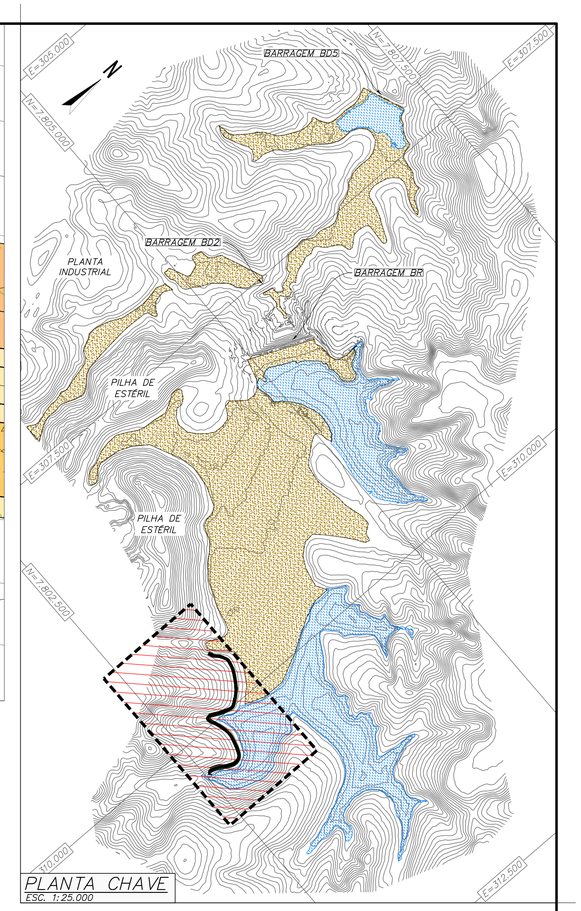
PROJETO: ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR
Nº DO PROJETO: –
Nº DA SE: –

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 07/11

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0081	–	0



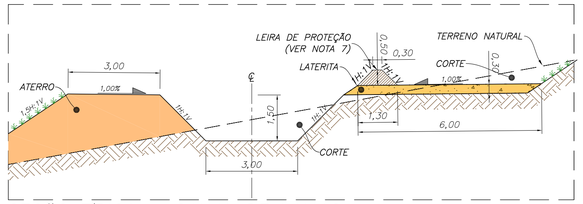
PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 49 A 56
ESC. 1:250



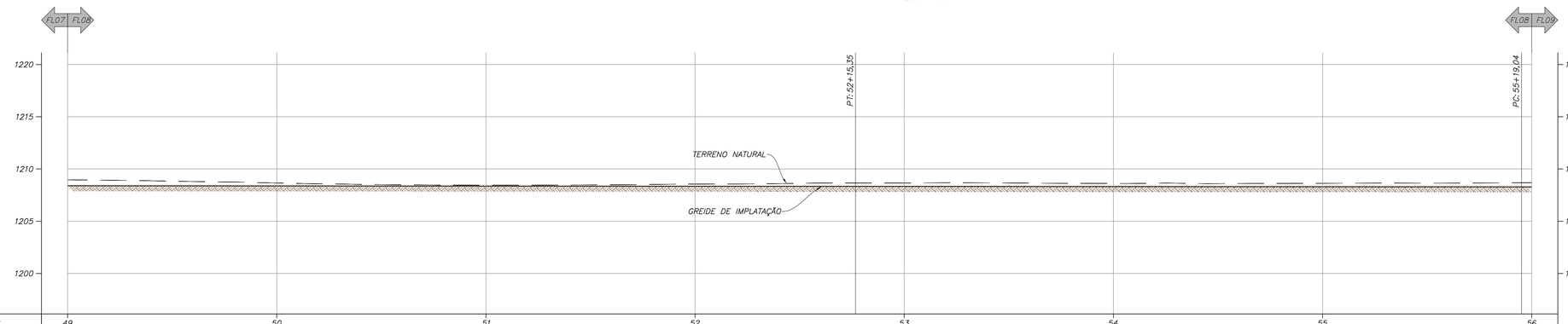
PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000

QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS

ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C10	PC EST.: 47+10,28 E: 310.096,21 N: 7.802.861,59	PT EST.: 52+15,35 E: 310.200,07 N: 7.802.861,25	–	EST.: 50+4,06 E: 310.148,19 N: 7.802.875,38	E: 310.147,49 N: 7.802.668,28	30°05'57,77"	105,07	200,00	53,78	7,10	6,86	103,86
L11	EST.: 52+15,35 E: 310.200,07 N: 7.802.861,25	EST.: 55+19,04 E: 310.261,52 N: 7.802.844,50	S74°45'31,57"E	–	–	–	63,69	–	–	–	–	–



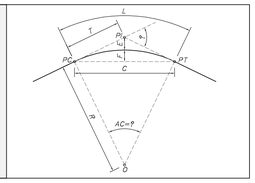
SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS
ESC. 1:100



ESTACAS	49	50	51	52	53	54	55	56
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.208,97 1.208,40	1.208,66 1.208,38	1.208,45 1.208,17	1.208,56 1.208,35	1.208,66 1.208,33	1.208,61 1.208,32	1.208,63 1.208,30	1.208,69 1.208,29
COTA VERMELHA (m)	0,57	0,28	0,08	0,21	0,33	0,30	0,33	0,40
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)		L=105,07 R=200,00			L=63,69			L=23,70 R=200,00
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)			L=1.478,00 i=-0,08%					

PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 49 A 56
ESC. 1:250

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO



LEGENDA:
- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LATERITA
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVIADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

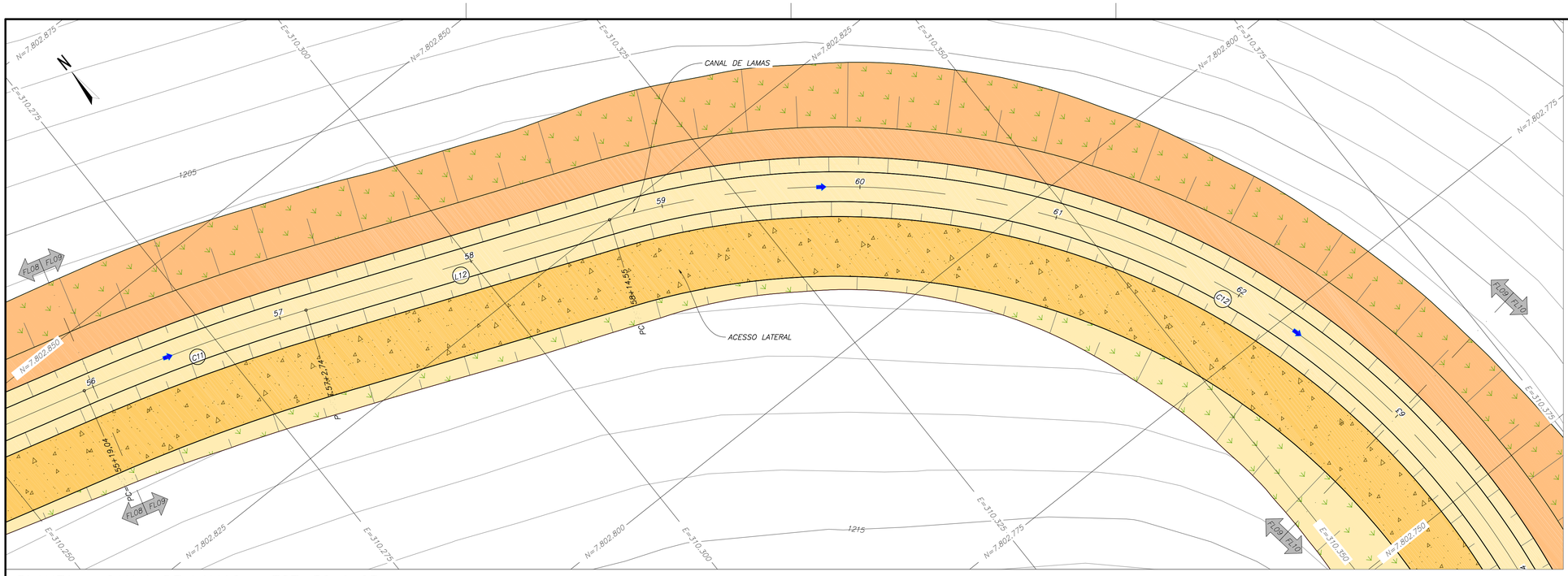
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 08/11

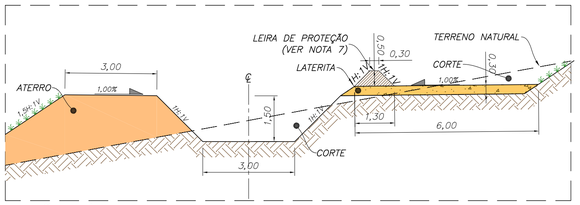
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0082	–	0



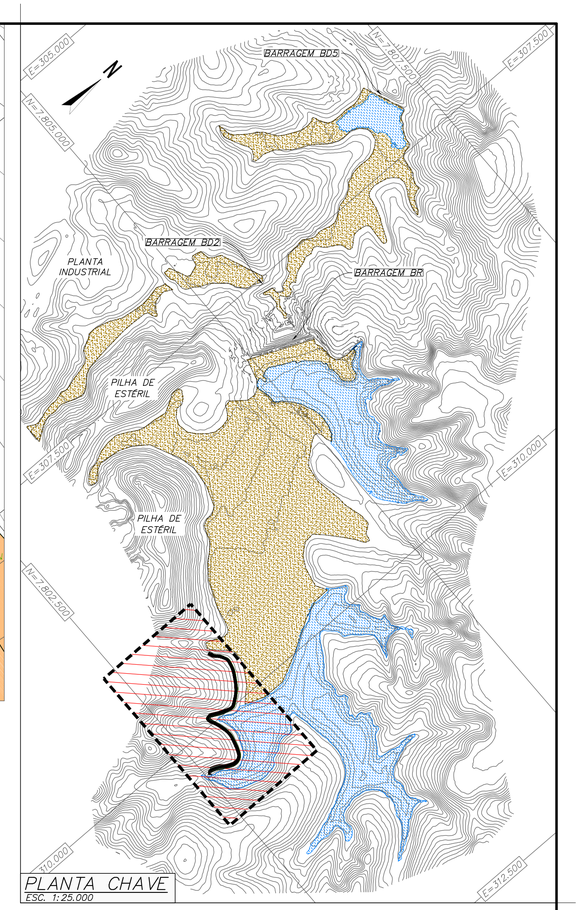
PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 56 A 63
ESC. 1:250

QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS

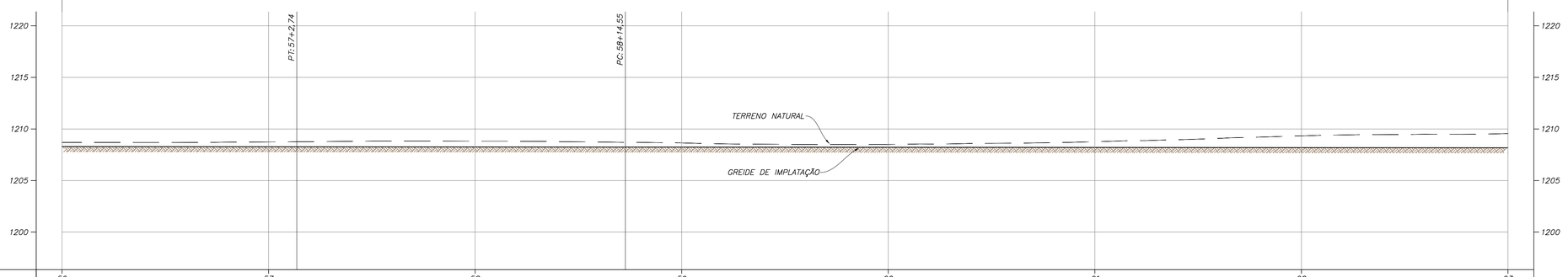
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C11	PC EST.: 55+19,04 E: 310.261,52 N: 7.802.844,50	PT EST.: 57+2,74 E: 310.283,97 N: 7.802.836,93	–	EST.: 56+10,90 E: 310.272,97 N: 7.802.841,38	E: 310.208,94 N: 7.802.651,54	6°47'24,83"	23,70	200,00	11,87	0,35	0,35	23,69
L12	EST.: 57+2,74 E: 310.283,97 N: 7.802.836,93	EST.: 58+14,55 E: 310.313,45 N: 7.802.825,00	S67°58'06,74"E	–	–	–	31,81	–	–	–	–	–
C12	PC EST.: 58+14,55 E: 310.313,45 N: 7.802.825,00	PT EST.: 65+2,99 E: 310.356,51 N: 7.802.718,28	–	EST.: 62+17,37 E: 310.390,23 N: 7.802.793,93	E: 310.283,44 N: 7.802.750,84	91°59'23,57"	128,44	80,00	82,83	35,15	24,42	115,08



SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS
ESC. 1:100



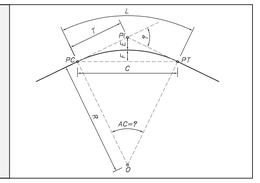
PLANTA CHAVE
ESC. 1:25.000



ESTACAS	56	57	58	59	60	61	62	63
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.208,69 1.208,29	1.208,74 1.208,27	1.208,81 1.208,25	1.208,65 1.208,24	1.208,51 1.208,23	1.208,76 1.208,21	1.209,33 1.208,19	1.209,55 1.208,17
COTA VERMELHA (m)	0,40	0,47	0,56	0,41	0,28	0,55	1,14	1,38
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)		L=23,70 R=200,00		L=31,81		L=128,44 R=80,00		
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)				L=1.478,00 i=-0,08%				

PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 56 A 63
ESC. 1:250

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO



LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LATERITA
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVIADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

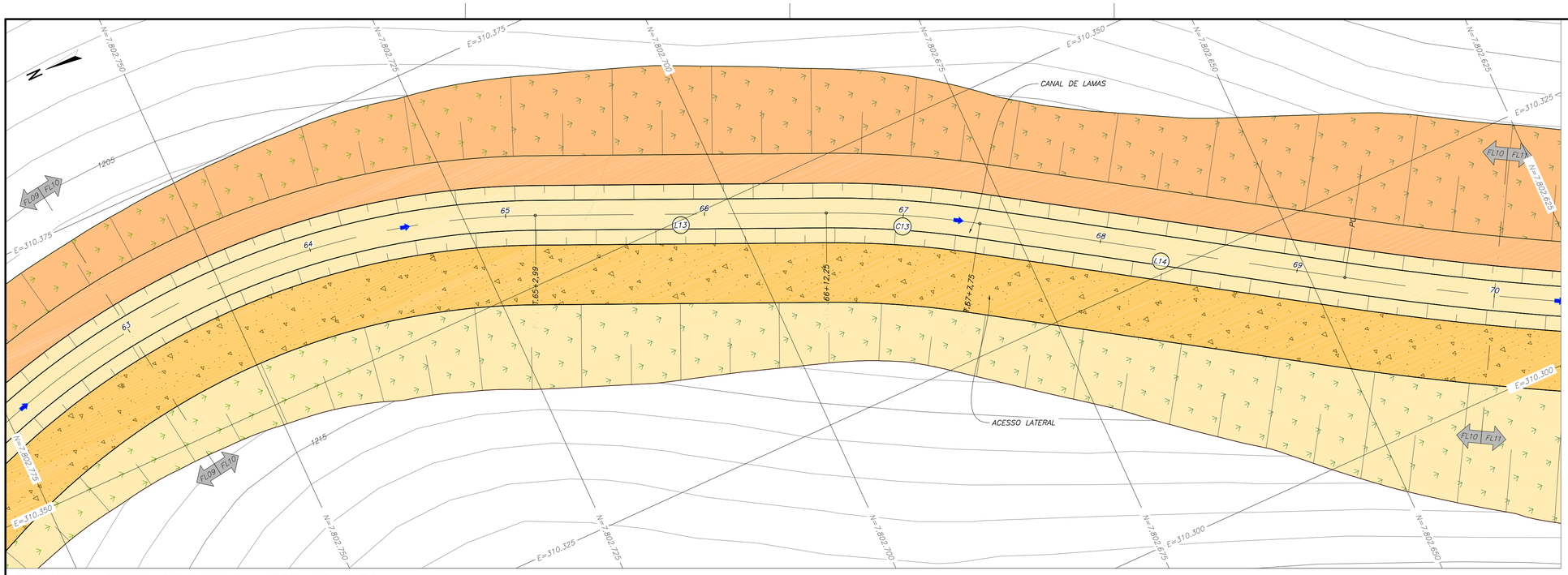
Mosaic Fertilizantes

odf

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

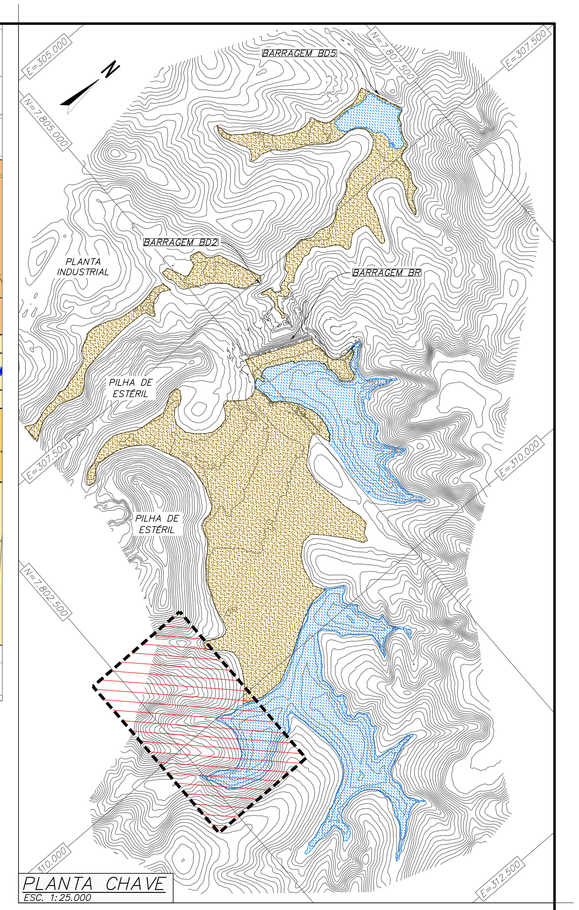
PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 09/11

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0083	–	0



PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 63 A 70

ESC. 1:250

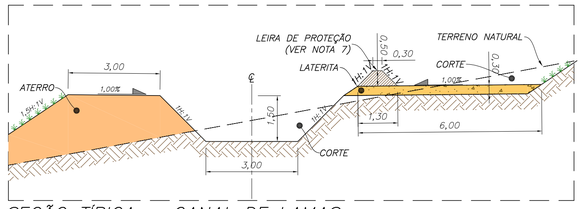


PLANTA CHAVE

ESC. 1: 25.000

QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS

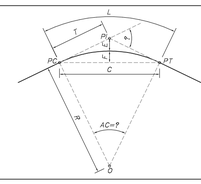
ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C12	PC EST.: 58+14,55 E: 310.313,45 N: 7.802.825,00	PT EST.: 65+2,99 E: 310.356,51 N: 7.802.718,28	–	EST.: 62+17,37 E: 310.390,23 N: 7.802.793,93	E: 310.283,44 N: 7.802.750,84	91°59'23,57"	128,44	80,00	82,83	35,15	24,42	115,08
L13	EST.: 65+2,99 E: 310.356,51 N: 7.802.718,28	EST.: 66+12,25 E: 310.344,60 N: 7.802.691,55	S24°01'16,83"W	–	–	–	29,26	–	–	–	–	–
C13	PC EST.: 66+12,25 E: 310.344,60 N: 7.802.691,55	PT EST.: 67+7,75 E: 310.337,22 N: 7.802.677,93	–	EST.: 67+0,02 E: 310.341,44 N: 7.802.684,45	E: 310.253,26 N: 7.802.732,25	8°52'50,14"	15,50	100,00	7,77	0,30	0,30	15,48
L14	EST.: 67+7,75 E: 310.337,22 N: 7.802.677,93	EST.: 69+4,86 E: 310.317,06 N: 7.802.646,77	S32°54'06,97"W	–	–	–	37,11	–	–	–	–	–

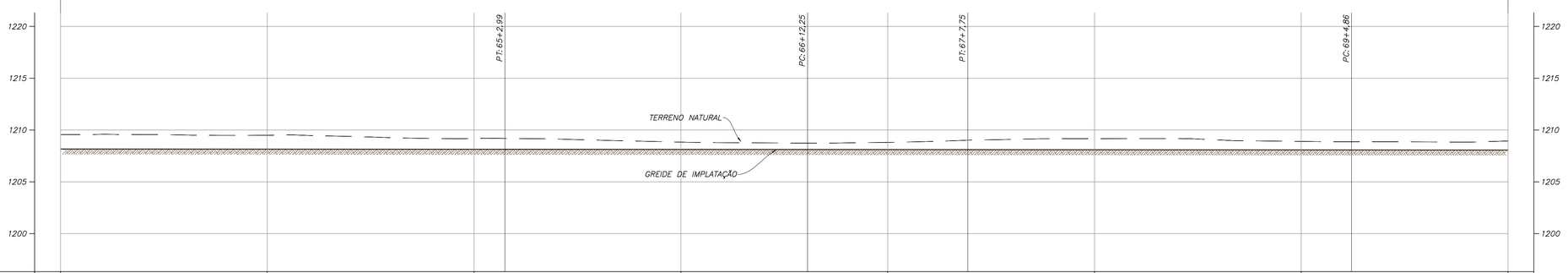


SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS

ESC. 1:100

PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO





ESTACAS	63	64	65	66	67	68	69	70
ELEVAÇÕES TERRENO/PROJETO	1.209,55 1.208,17	1.209,49 1.208,16	1.209,19 1.208,14	1.208,83 1.208,13	1.208,81 1.208,11	1.209,17 1.208,09	1.208,90 1.208,08	1.208,94 1.208,06
COTA VERMELHA (m)	1,38	1,33	1,04	0,70	0,70	1,07	0,82	0,88
"GEOMETRIA HORIZONTAL" L=COMPRIMENTO (m) R=RAIO (m)		L=128,44 R=80,00		L=29,26	L=15,50 R=100,00	L=37,11		L=89,45 R=300,00
"GEOMETRIA VERTICAL" COMPRIMENTO (m) DECLIVIDADE (%)				L=1.478,00 i=-0,08%				

PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 63 A 70

ESC. 1:250

LEGENDA:

- – CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- – ESCAVAÇÃO PROJETADA
- – ATERRO PROJETADO
- – SENTIDO DO FLUXO
- – LATERITA
- – TERRENO NATURAL ESCAVADO
- – REVESTIMENTO VEGETAL (SEÇÃO)
- – REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS
- – REVESTIMENTO – BIOMANTA

0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1: 25.000

0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1: 250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1: 100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVADADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.
7. LEIRA DE PROTEÇÃO EM SOLO COMPACTADO SEM CONTROLE TECNOLÓGICO.

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0005
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0002
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0002
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REVISÕES

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	23/09/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/08/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

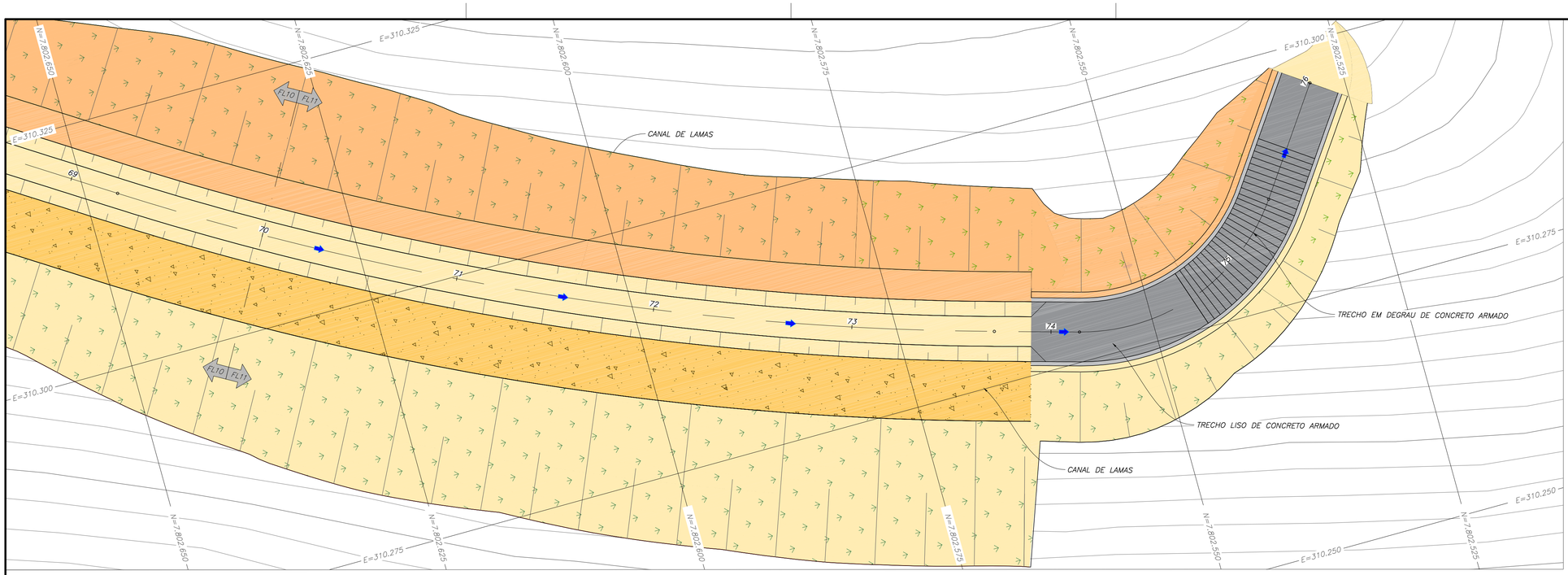
T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 10/11

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0084	–	0



PLANTA – CANAL DE LAMAS – EST. 70 A 76

ESC. 1:250

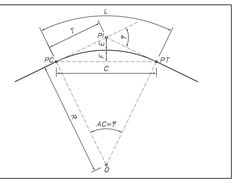
QUADRO DE LOCAÇÃO DO ALINHAMENTO: CANAL DE LAMAS

ELEMENTO	PONTO INICIAL	PONTO FINAL	DIREÇÃO (GRAU/MIN/SEG)	PI	O	AC=? (GRAU/MIN/SEG)	L (m)	R (m)	T (m)	E (m)	F (m)	C (m)
C14	PC EST.: 69+4,86 E: 310.317,06 N: 7.802.646,77	PT EST.: 73+14,31 E: 310.280,30 N: 7.802.565,59	–	EST.: 71+9,92 E: 310.292,59 N: 7.802.608,94	E: 310.568,94 N: 7.802.483,81	17°04'57,92"	89,45	300,00	45,06	3,36	3,33	89,11
L15	EST.: 73+14,31 E: 310.280,30 N: 7.802.565,59	EST.: 74+2,86 E: 310.277,97 N: 7.802.557,36	S15°49'09,05"W	–	–	–	8,56	–	–	–	–	–
C15	PC EST.: 74+2,86 E: 310.277,97 N: 7.802.557,36	PT EST.: 75+7,60 E: 310.285,76 N: 7.802.535,52	–	EST.: 74+17,09 E: 310.274,09 N: 7.802.543,67	E: 310.297,21 N: 7.802.551,91	70°51'45,79"	24,74	20,00	14,23	4,55	3,70	23,19
L16	EST.: 75+7,60 E: 310.285,76 N: 7.802.535,52	EST.: 76+0,00 E: 310.295,92 N: 7.802.528,41	S55°02'36,74"E	–	–	–	12,40	–	–	–	–	–

LEGENDA:

- BL – CURVAS DE NÍVEL – BASE TOPOGRÁFICA
- ESCAVAÇÃO PROJETADA
- ATERRO PROJETADO
- SENTIDO DO FLUXO
- LATERITA
- TERRENO NATURAL ESCAVADO
- CONCRETO
- CONCRETO MAGRO
- REVESTIMENTO – GRAMA EM PLACAS
- REVESTIMENTO – BIOMANTA

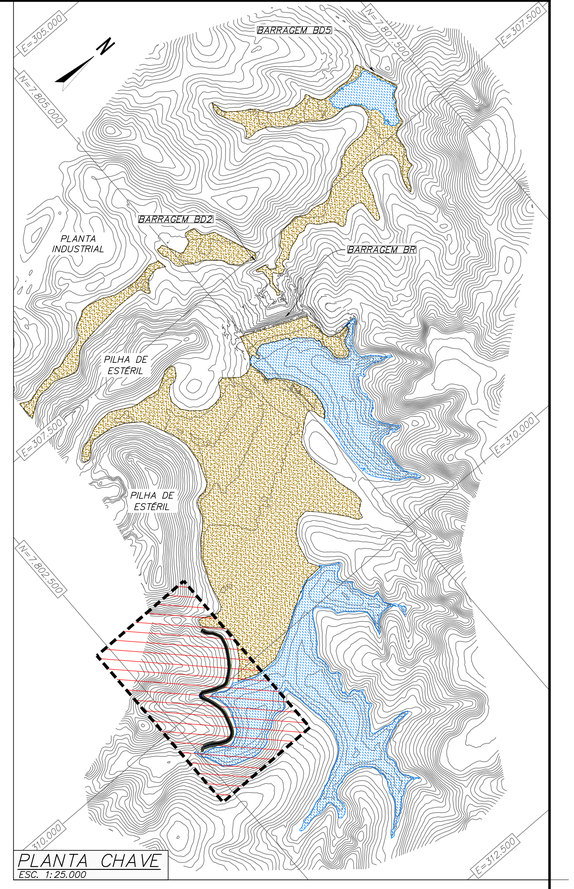
PC: PONTO DE CURVA
PT: PONTO DE TANGENTE
PI: PONTO DE INTERSEÇÃO DE TANGENTES
O: CENTRO DA CURVA
R: RAIO
T: TANGENTE EXTERNA
E: AFASTAMENTO
F: FLECHA
L: DESENVOLVIMENTO
C: CORDA
AC: ÂNGULO CENTRAL DA CURVA
Δ: ÂNGULO DE DEFLEXÃO



0 500 1.000 1.150 2.000 2.500m
ESCALA ORIGINAL 1:25.000

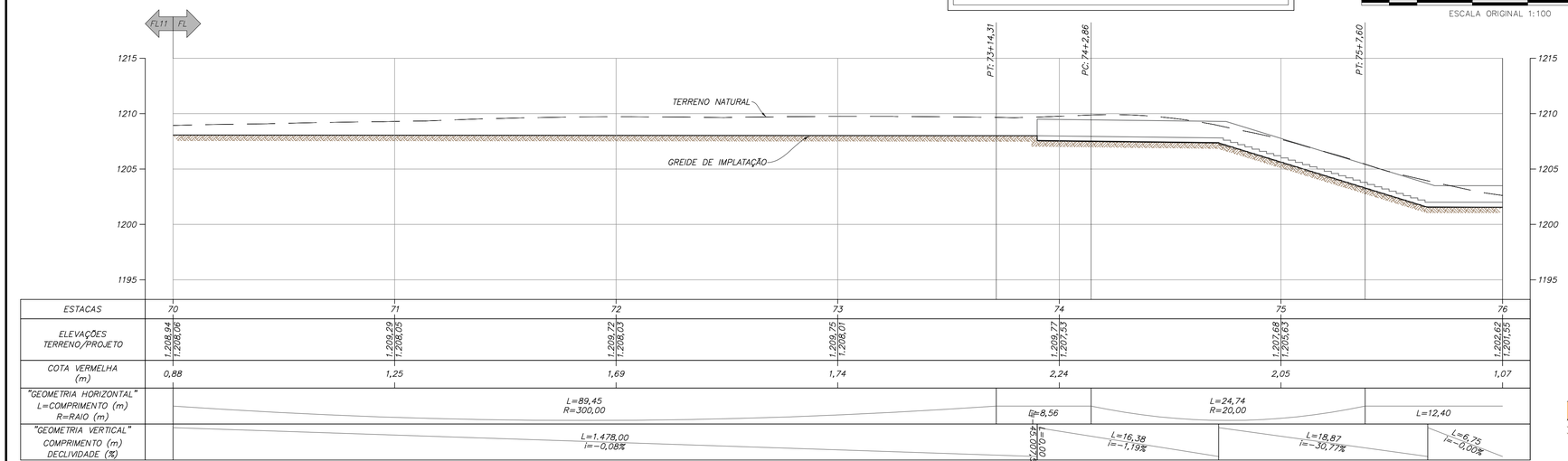
0 5 10 15 20 25m
ESCALA ORIGINAL 1:250

0 2 4 6 8 10m
ESCALA ORIGINAL 1:100



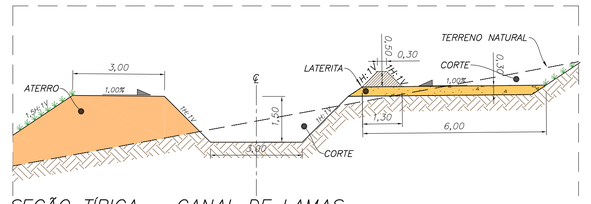
PLANTA CHAVE

ESC. 1:25.000



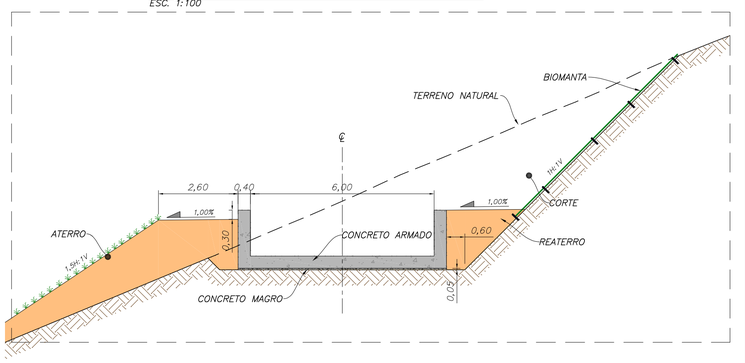
PERFIL LONGITUDINAL – CANAL DE LAMAS – EST. 70 A 76

ESC. 1:250



SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS

ESC. 1:100



SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE LAMAS RETANGULAR EM CONCRETO

ESC. 1:100

NOTAS

1. DIMENSÕES E ELEVAÇÕES EM METRO, EXCETO ONDE INDICADO.
2. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM CÓRREGO ALEGRE, FUSO 23S, ZONA K.
3. O REJEITODUTO QUE TRANSPORTA O REJEITO DE LAMAS + ULTRAFINOS DESDE A USINA, DEVERÁ SER LANÇADO NO EMBOQUE DO CANAL DE LAMAS. O DIMENSIONAMENTO DO REJEITODUTO NÃO FEZ PARTE DO ESCOPO DO PROJETO DE ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR PARA A EL. 1210,0 M.
4. PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANAL DE LAMAS FOI CONSIDERADO O BALANÇO DE MASSAS ENTRE O VOLUME DE MATERIAL ESCAVADO E O ATERRADO.
5. FOI CONSIDERADO UMA ESPESSURA SUPERFICIAL DE 30 CM DE MATERIAL A SER ESVIADO, QUE DEVERÁ SER DISPOSTO EM BOTA-FORA. O VOLUME RESTANTE PODERÁ SER UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO TRECHO EM ATERRO.
6. O CANAL DE LAMAS FOI DIMENSIONADO EM SEÇÃO TRAPEZOIDAL, SEM REVESTIMENTO.

INSTRUÇÕES P/ PLOTAGEM	
COR	ESPESSURA
COR. N. 8	0,05
WHITE	0,1
YELLOW	0,1
GREEN	0,2
CYAN	0,3
BLUE	0,4
RED	0,6
MAGENTA	0,8

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

1. BASE TOPOGRÁFICA – DF19-263-1-TG-DWG-0001
2. RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0003
3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CONSTRUTIVA – DF19-263-1-EG-ETC-0001
4. PLANILHA DE QUANTIDADES – DF19-263-1-EG-PLA-0001
5. PLANO DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS – RELATÓRIO TÉCNICO – DF19-263-1-EG-RTE-0002
6. CANAL DE LAMAS – ARRANJO GERAL – DF19-263-1-EG-DWG-0074.
7. CANAL DE LAMAS – PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA – DF19-263-1-EG-DWG-0075 A DF19-263-1-EG-DWG-0085.
8. CANAL DE LAMAS – SEÇÕES TRANSVERSAIS – DF19-263-1-EG-DWG-0086 A DF19-263-1-EG-DWG-0089.
9. CANAL DE LAMAS – BUEIRO SOB CANAL DE LAMAS – DF19-263-1-EG-DWG-0090.
10. CANAL DE LAMAS – LEIRA DE PROTEÇÃO – DF19-263-1-EG-DWG-0091.
11. CANAL DE LAMAS – PROTEÇÃO DOS TALUDES COM BIOMANTA – DF19-263-1-EG-DWG-0092.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
0	E	APROVADO – PARA CONSTRUÇÃO	VE	TS	TO	TO	MC	02/10/20
B	B	REVISÃO DA GEOMETRIA DO CANAL DE LAMAS	VE	TS	TO	TO	MC	21/09/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	FC	TS	TO	TO	MC	20/08/20

REVISÕES

T.E. TIPO DE EMISSÃO: (A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO

Mosaic Fertilizantes

df

PROJETO	Nº DO PROJETO	Nº DA SE
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR	–	–

PROJETO DETALHADO
BARRAGENS
ALTEAMENTO DA BARRAGEM BR – EL. 1210,00 M
CANAL DE LAMAS
PLANTA, PERFIL E SEÇÃO TÍPICA FL. 11/11

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
INDICADA	DF19-263-1-EG-DWG-0085	–	0