



	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>2/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

## SUMÁRIO

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO E OBJETIVO	3
2.0	DESCRIÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS	6
3.0	DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA A JUSANTE	8
4.0	METODOLOGIA	9
5.0	ESTUDO DA RUPTURA HIPOTÉTICA	13
6.0	PREMISSAS E CRITÉRIOS	17
7.0	ACERVO DE INFORMAÇÕES E DADOS	20
8.0	MATERIAL DO RESERVATÓRIO	24
9.0	HIDROGRAMA DE RUPTURA	30
10.0	PROPAGAÇÃO DO HIDROGRAMA	50
11.0	RESULTADOS DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA	67
12.0	MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO	73
13.0	ZONEAMENTO DE RISCO	73
14.0	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
15.0	REFERÊNCIAS	81
16.0	EQUIPE TÉCNICA	83
17.0	APÊNDICE A – MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA	84
18.0	ANEXOS	87

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA</b> <b>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>3/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Este relatório apresenta o estudo de ruptura hipotética desenvolvido pela DF+ Engenharia Geotécnica e Recursos Hídricos para a Barragem BR na condição do maciço na elevação 1210m e, por efeito cascata, para as barragens BD-2, BD-5 e BRI, todas de propriedade da Mosaic Fertilizantes, integrantes do Complexo de Mineração de Tapira (CMT) (Figura 1.1).

Este estudo tem como objetivo atender aos requisitos apresentados na Resolução 32 de 11 de maio de 2020 da ANM.

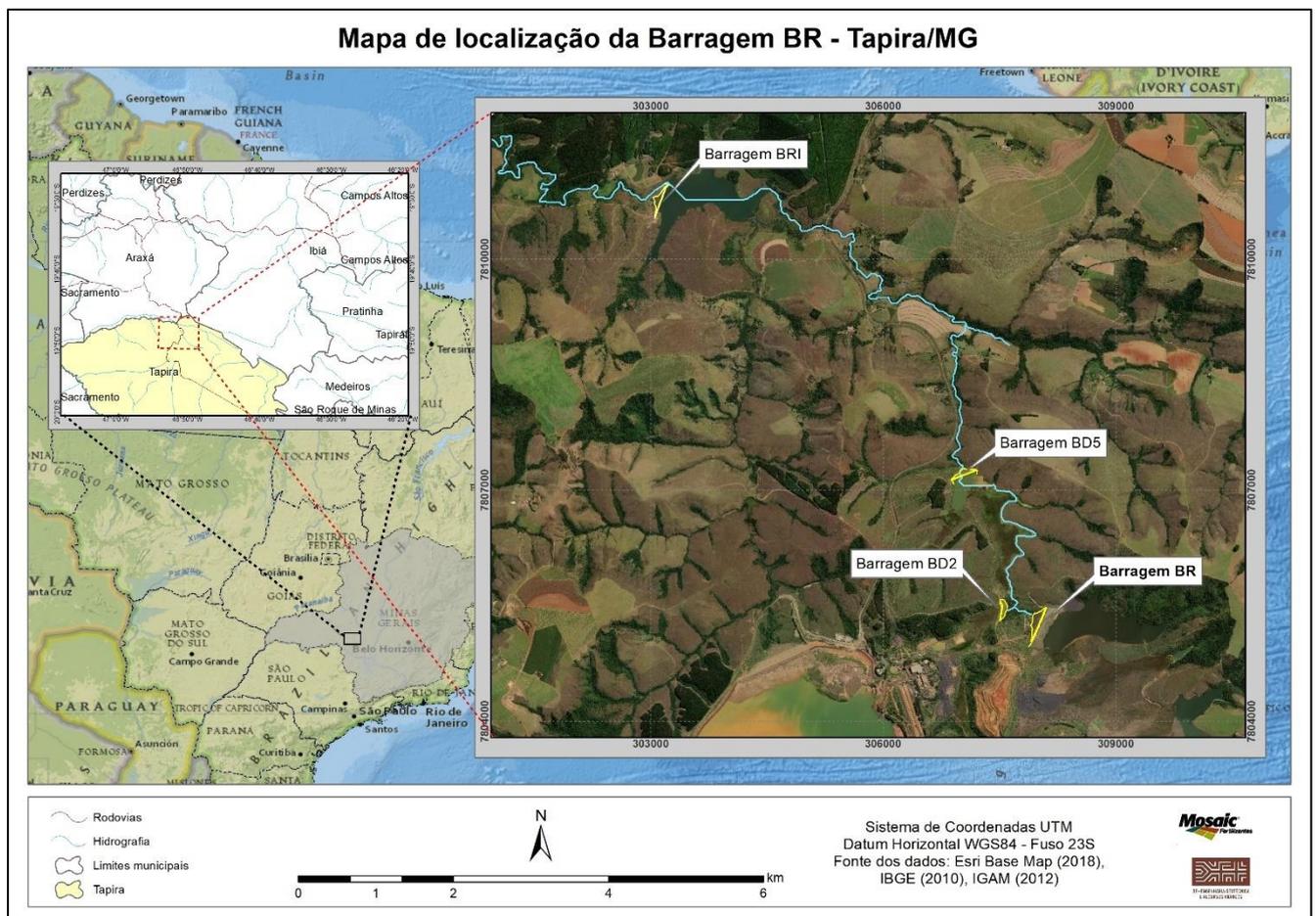


Figura 1.1 – Mapa de localização das barragens BR, BD-2, BD-5 e BRI – Complexo de Mineração de Tapira.

Apesar de cenários críticos de rompimento de barragens serem considerados eventos raros, eles podem ocasionar impactos econômicos, de vidas, ambientais e sociais significativos. Para conhecer os efeitos de uma ruptura de barragem, é necessário estudar quais fenômenos podem levar tal estrutura a uma ruptura e como será o comportamento da onda no curso de água a jusante.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>4/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Este estudo constitui-se de avaliações, com o intuito de estimar a extensão e abrangência da inundação potencial máxima em caso de ruptura hipotética da Barragem BR. Tais informações, fornecidas neste estudo, auxiliarão a Mosaic Fertilizantes a identificar as principais regiões potencialmente atingidas, a zona de autossalvamento (ZAS) e a zona de segurança secundária (ZSS), orientando o planejamento e tratamento dos riscos a jusante.

A Barragem BR tem como função a contenção de rejeitos gerados pelo beneficiamento do minério de fosfato e de sedimentos advindos de sua bacia de contribuição. As barragens BD-2 e BD-5 se destinam à contenção dos sólidos carregados pelas descargas da usina e de sedimentos advindos de suas bacias de contribuição e a Barragem BRI destina-se à regularização de vazões e suprimento de água industrial para planta de beneficiamento. Essas estruturas assumem, portanto, fundamental importância no quadro de estruturas do Complexo de Mineração de Tapira (CMT) pelo alto potencial de dano inerente às suas características geométricas.

Por estar localizada em um vale que apresenta ocupação humana permanente, o potencial de dano ao patrimônio público e privado pode elevar o risco associado à estrutura caso a probabilidade de falha das barragens não seja devidamente controlada em níveis aceitáveis (toleráveis).

Nesse aspecto, a Mosaic Fertilizantes, em conformidade com a Portaria 70.389:2017 outorgada pela Agência Nacional da Mineração (ANM), deve dispor de um Plano de Segurança da Barragem (PSB) que estabeleça controles e sistemáticas de monitoramento e inspeção para a devida manutenção e gestão dos riscos. No contexto do PSB, destaca-se o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM). O PAEBM é o documento que direciona as ações corretivas e de mitigação dos impactos na eminência ou ocorrência de uma eventual adversidade na estrutura, incluindo aí a possibilidade de uma ruptura total do maciço.

O mapeamento de áreas inundáveis causadas pela ruptura de barragens é uma ferramenta de fundamental importância para elaboração de planos de ação de emergência (PAEBM).

A devida estruturação do PAEBM presume o conhecimento do potencial de danos decorrentes de uma hipotética ruptura da barragem. Dessa forma, como subsídio ao desenvolvimento do PAEBM, elaboram-se estudos de ruptura hipotética da Barragem BR, tendo como principal produto o mapeamento de envoltórias de inundação potencial máxima.

A Figura 1.2 apresenta de maneira ampla a localização das barragens do CMT, contemplando a área do entorno e a ocupação do vale a jusante das estruturas.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>5/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>



Figura 1.2 - Localização das barragens em estudo.

O presente estudo apresenta a avaliação hidráulica da propagação da onda proveniente da ruptura da Barragem BR e, por efeito cascata, das barragens BD-2, BD-5 e BRI, no vale a jusante. Esse estudo não contempla a análise de pluma de contaminantes ou propagação de material coloidal nos cursos de água atingidos.

O estudo foi realizado para a Barragem BR com crista na El. 1.210 m.

Para este estudo, foram utilizadas topografias distintas, favorecendo a melhor resolução disponível. Para a região da planta industrial e dos reservatórios das barragens BD-2 e BD-5, foi utilizada a topografia fornecida pela Mosaic em julho de 2020 (CURVAS DE NIVEL CMT - 09JULHO2020.dwg).

Para a região do reservatório da Barragem BR foi utilizada a topografia do plano de disposição de rejeitos do Projeto Detalhado da Barragem BR na EL. 1.210 m (DF19-263-1-EG-DWG-0011).

Para complementação de áreas no entorno e até aproximadamente 88 km a jusante da Barragem BR foi utilizada a topografia disponibilizada pela Mosaic Fertilizantes para os estudos de Dam Break realizados no ano de 2016 (curvas\_de\_nivel\_cmt.shp), que contempla curvas de nível de metro em metro.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>6/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Para o trecho final (de aproximadamente 48 km) 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, que imprime certo grau de incerteza nas avaliações.

As curvas de nível foram utilizadas para geração do modelo digital de elevação – MDE do vale a jusante, que por sua vez configura-se como dado de entrada para o *software* RiverFlow2D® (HYDRONIA, 2016).

Apresenta-se, a seguir, os estudos de ruptura hipotética da Barragem BR, elaborado com vistas à definição do potencial máximo de inundação do vale a jusante, mediante a hipótese de ocorrência de uma falha na estrutura supracitada.

## 2.0 DESCRIÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS

As barragens BR, BD-5, BD-2 e BRI, de propriedade da Mosaic Fertilizantes, se localizam no Complexo de Mineração de Tapira, a aproximadamente 415 km de Belo Horizonte e cerca de 18 km do centro de Tapira - MG, podendo o acesso ser feito pela rodovia BR-146.

As tabelas que se seguem apresentam a localização e principais características das estruturas. Os dados foram obtidos com base no relatório técnico do Projeto Detalhado do Alçamento da Barragem BR para a EL. 1.210 m (DF19-263-1-EG-RTE-0003), elaborado pela DF+ em junho de 2020 e nos documentos de auditoria mais recentes das barragens BD-5, BD-2 e BRI.

Tabela 2.1 – Localização e características técnicas da Barragem BR.

Barragem BR – Unidade Tapira	
Estado	Minas Gerais
Município	Tapira
Coordenadas UTM WGS 84 (Fuso 23S)	308.076 m E / 7.805.253 m S
Altura máxima (m)	71,0
Elevação da crista (m)	1.210,0
Volume de projeto do reservatório (hm³)	190,0
Vertedouro (Tipo)	Canal escavado em solo na ombreira direita
NA operacional máximo (m)	1.202,0
NA máximo <i>Maximorum</i> (m) – TR 10.000 anos	1.203,9

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>7/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Tabela 2.2 – Localização e características técnicas da Barragem BD-2.

Barragem BD-2 – Unidade Tapira	
Estado	Minas Gerais
Município	Tapira
Coordenadas UTM WGS 84 (Fuso 23S)	307.554 m E / 7.805.218 m S
Altura máxima (m)	21,0
Elevação da crista (m)	1.165,0
Volume de projeto do reservatório (hm³)	2,0
Vertedouro (Tipo)	Canal escavado em solo na ombreira esquerda
NA operacional máximo (m)	1.162,10
NA máximo <i>Maximorum</i> (m) – TR 10.000 anos	1.164,73

Tabela 2.3 – Localização e características técnicas da Barragem BD-5.

Barragem BD-5 – Unidade Tapira	
Estado	Minas Gerais
Município	Tapira
Coordenadas UTM WGS 84 (Fuso 23S)	307.070 m E / 7.807.218 m S
Altura máxima (m)	33,0
Elevação da crista (m)	1.147,0
Volume de projeto do reservatório (hm³)	3,0
Vertedouro (Tipo)	Canal escavado em solo na ombreira direita
NA operacional máximo (m)	1.144,0
NA máximo <i>Maximorum</i> (m) – TR 10.000 anos	1.146,67

Tabela 2.4 – Localização e características técnicas da Barragem BRI.

Barragem BRI – Unidade Tapira	
Estado	Minas Gerais
Município	Tapira
Coordenadas UTM WGS 84 (Fuso 23S)	303.174 m E / 7.810.783 m S
Altura máxima (m)	31,0
Elevação da crista (m)	1.078,0
Volume de projeto do reservatório (hm³)	30,0
Vertedouro (Tipo)	Perfil Creager localizado na ombreira direita do barramento

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>8/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Barragem BRI – Unidade Tapira	
NA operacional máximo (m)	1.072,0
NA máximo <i>Maximorum</i> (m) – TR 10.000 anos	1.075,88

### 3.0 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA A JUSANTE

A área a jusante da Barragem BR, considerada como área de impacto, inicia-se no talude de jusante da estrutura, localizado no Córrego Boa Viagem, onde foi considerada a ruptura, passando pelo Ribeirão Inferno e pelo Rio Araguari e termina no ponto de interrupção das análises, na confluência do Rio Araguari com o Córrego Santa Rosa.

O curso de água em questão apresenta curvas acentuadas (meandros) e vegetação em quase todo o trecho, que tem aproximadamente 135 km de extensão (levando em conta a distância medida com base no talvegue observado através de imagens de satélite), e percorre uma região com existência de algumas edificações.

A área de potencial impacto atinge áreas de ocupação permanente e temporária de pessoas, estradas de solo, de asfalto e as rodovias BR-146, MG-428 e BR-262. A onda de ruptura atinge parte dos limites territoriais dos municípios de Tapira, Araxá, Sacramento e Perdizes, em sua zona rural. A Figura 3.1 apresenta as interferências na área de impacto a jusante da Barragem BR.

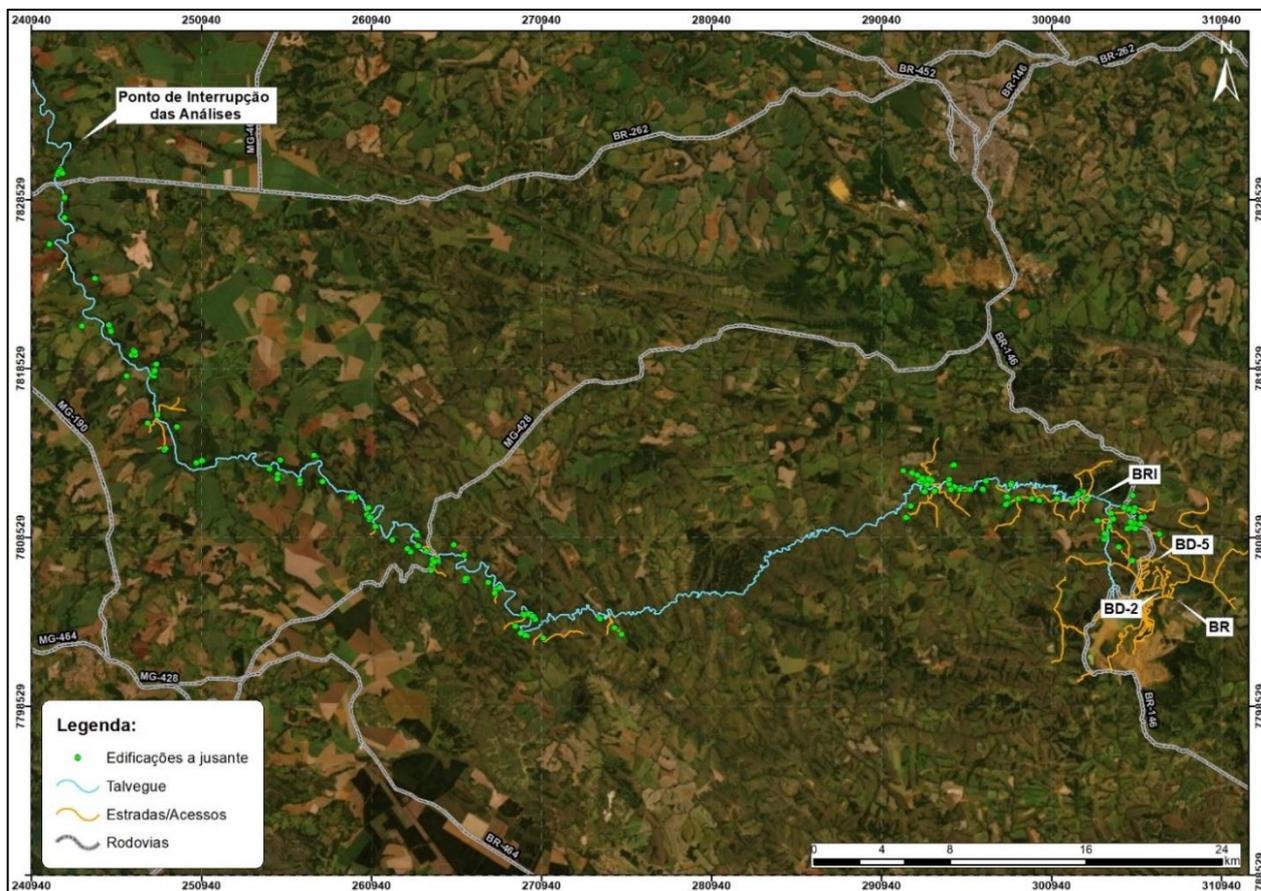


Figura 3.1 – Localização das interferências ao longo do talvegue.

## 4.0 METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento dos estudos de ruptura hipotética inicia-se com a coleta e compilação de informações básicas ao conhecimento do problema, das características das barragens e condições de contorno.

A partir da análise dos dados definem-se as premissas e critérios, apresentados no item 6.0 deste relatório.

Após consolidadas as bases gerais, procede-se ao cerne do estudo de ruptura hipotética, respeitando-se três principais etapas: (i) definição do bloco ou hidrograma de ruptura, (ii) propagação da onda de ruptura e (iii) mapeamento da inundação potencial.

Resume-se então, por meio do fluxograma simplificado apresentado na Figura 4.1, as principais etapas percorridas no estudo de ruptura hipotética.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>10/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

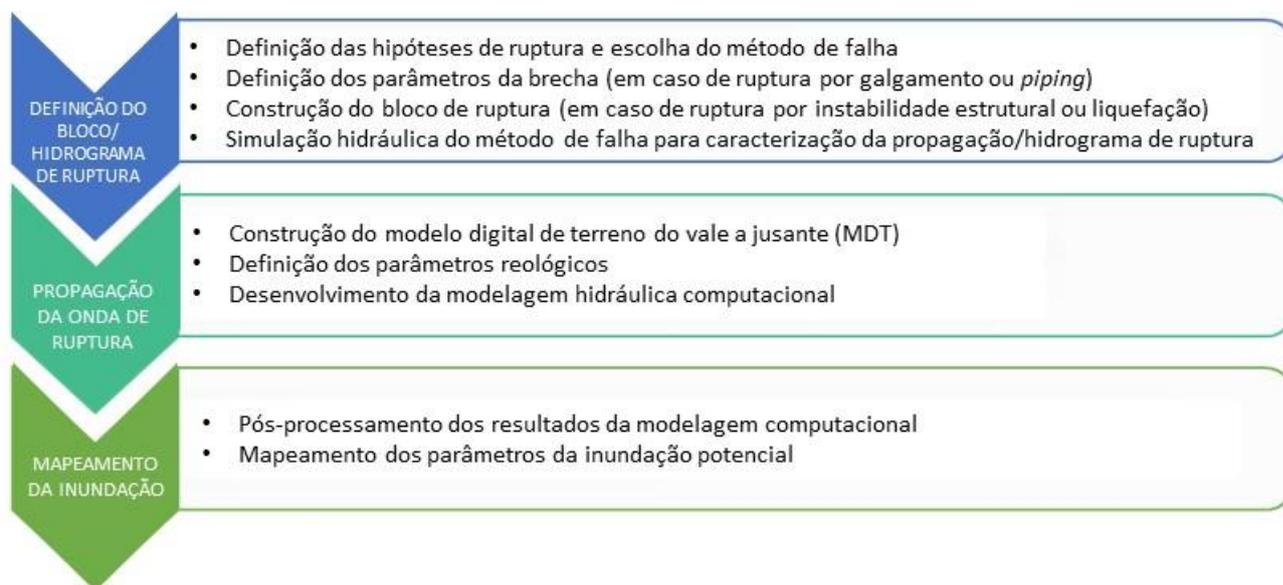


Figura 4.1 - Fluxograma simplificado das etapas do estudo de ruptura hipotética.

#### 4.1 CENÁRIO DE ANÁLISE

Inicialmente, para realização dos estudos, é necessário definir o cenário de simulação a ser considerado. Neste estudo foi considerado para a Barragem BR um alteamento futuro e para as barragens BD-2, BD-5 e BRI o cenário atual das estruturas. Os critérios definidos para determinação do cenário estão citados abaixo, considerando:

- Crista da Barragem BR na elevação 1.210 m;
- Ruptura por efeito cascata das barragens BD-2, BD-5 e BRI;
- Crista da Barragem BD-2 na elevação 1.165 m;
- Crista da Barragem BD-5 na elevação 1.147 m;
- Crista da Barragem BRI na elevação 1.078 m;
- Nível de água das barragens no nível máximo *Maximorum*, referente à ocorrência de um evento pluviométrico com tempo de retorno de 10.000 anos.

Adicionalmente, faz-se necessário definir o modo de falha a ser considerado no estudo, que, em atendimento à Resolução 32, de 11/05/2020 que altera a portaria ANM N°70.389, deve corresponder ao cenário de maior dano dentre os plausíveis, conforme análise apresentada no item 5.0.

O item 9.0 apresenta maior detalhamento dos critérios adotados para desenvolvimento do cenário de simulação.

#### 4.2 BLOCO / HIDROGRAMA DE RUPTURA

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>11/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

A definição do bloco ou hidrograma de ruptura inicia-se pelas avaliações das hipóteses de ruptura.

Nesse sentido, caso confirmada a susceptibilidade do maciço à liquefação, ou à instabilidade estrutural e definindo-se um destes como o cenário mais crítico, utiliza-se como premissa a ruptura instantânea (desprendimento imediato do volume total mobilizado durante a ruptura hipotética) da Barragem BR. Ainda nesta vertente, para as barragens BD-2 e BD-5, em função da quantidade de massa e energia decorrente da suposta ruptura da Barragem BR, a montante, e pela proximidade entre os maciços dessas estruturas, opta-se pelo rompimento global e instantâneo dos maciços quando da chegada da onda de BR. Assim, considerando a ruptura instantânea das estruturas, a condição de contorno de montante é representada pela geometria tridimensional do bloco de ruptura considerado no estudo, sobre a geometria da configuração final do terreno após a ruptura.

Por outro lado, caso seja definido o galgamento ou *piping* como modo de falha mais crítico para a Barragem BR, os parâmetros da brecha são definidos com o auxílio de modelos paramétricos ajustados a banco de dados de rupturas de barragens. Os modelos paramétricos nada mais são do que formulações empíricas e ajustes matemáticos que buscam correlacionar parâmetros geométricos das barragens em seus estados pré e pós-ruptura. Diante da definição da brecha da estrutura, estima-se o hidrograma de ruptura aplicando-se princípios da conservação da massa para computarem-se as afluências à brecha durante e após o seu desenvolvimento, até que o volume mobilizado no reservatório seja completamente escoado. Ainda nesta vertente, para as barragens BD-2 e BD-5, opta-se pela ruptura por galgamento, causada pela chegada da onda proveniente da ruptura a montante, e definem-se os parâmetros da brecha com o auxílio de modelos paramétricos ajustados a banco de dados de rupturas de barragens e estima-se o hidrograma de ruptura.

Para a Barragem BRI, destinada à acumulação de água, para ambas as vertentes, adota-se como modo de falha a ruptura por galgamento, causado pela chegada da onda proveniente da ruptura das barragens BR, BD-2 e BD-5, a montante, e definem-se os parâmetros da brecha com o auxílio de modelos paramétricos ajustados a banco de dados de rupturas de barragens e estima-se o hidrograma de ruptura.

Salienta-se que a escolha dos métodos de falha é baseada em análises documentais e avaliações geotécnicas das estruturas, conforme será explicitado no item 5.0.

#### 4.3 PROPAGAÇÃO DA ONDA DE CHEIA

A propagação do hidrograma de ruptura é antecedida pela preparação e consistência da base topográfica que define a morfologia do vale a jusante.

Dessa forma, os Modelos Digitais de Elevação (MDE's) recebem os devidos tratamentos e filtros justificados pela necessidade de correção dos modelos de superfície, a fim de que se tornem hidráulica e hidrologicamente consistentes.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>12/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Após o tratamento do terreno e do bloco ou hidrograma de ruptura (que representará a condição de entrada do modelo hidráulico, a ser detalhado no item 9.0), procede-se à construção do modelo computacional.

Para o presente estudo, adotou-se um modelo matemático cujas formulações assumem a hipótese de representatividade dos escoamentos bidimensionais para a simulação do fenômeno de propagação da onda de ruptura.

Portanto, a representação do modelo geométrico do vale a jusante foi realizada por modelo digital de elevação obtido a partir de bases topográficas disponíveis, separadas em três trechos principais de análise:

- Trecho 01: Trecho entre as barragens BR e BD-2 e a Barragem BD-5;
- Trecho 02: Trecho entre a Barragem BD-5 e a Barragem BRI;
- Trecho 03: Trecho entre a Barragem BRI e o final da topografia de detalhe, com espaçamento de metro em metro, fornecida pela Mosaic;
- Trecho 04: Trecho entre o final da topografia fornecida pela Mosaic e a interrupção das análises (com base topográfica existente obtida pelo projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 30 metros, disponibilizada pela National Aeronautics and Space Administration – NASA.

Ressalta-se que foi feita modelagem e simulação paralelas para entendimento da ocupação do reservatório de BD-2 pela onda advinda de BR, anteriormente à simulação da ruptura da barragem BD-2. As manchas foram sobrepostas para que se obtivesse mapeamento completo da área atingida.

Paralelamente à construção do modelo geométrico, definem-se os parâmetros de resistência ao escoamento, representados pelo coeficiente de rugosidade e pelos aspectos reológicos do rejeito.

Posteriormente, as condições de contorno hidráulicas são impostas ao modelo com vistas à representação do cenário de ruptura avaliado.

Convém destacar que o modelo computacional utilizado (RiverFlow2D®) cumpre o objetivo do estudo apresentando resultados compatíveis com a representação do fenômeno, estando de acordo com as diretrizes da Resolução 32.

#### 4.4 MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO

O mapeamento da inundação constitui um dos principais produtos do estudo de ruptura hipotética, e é por meio dele que os interessados conseguem assimilar e compreender a extensão potencial dos impactos decorrentes de um acidente com a estrutura.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>13/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Para se definirem as envoltórias da inundação, os resultados do modelo computacional são pós-processados e tratados, para formarem uma única mancha. A poligonal resultante é, por fim, sobreposta às imagens de satélite para que as principais regiões atingidas sejam identificadas e destacadas, orientando o planejamento e tratamento dos riscos a jusante.

## 5.0 ESTUDO DA RUPTURA HIPOTÉTICA

Os estudos de ruptura hipotética de barragens se baseiam na identificação dos modos de falha a que a estrutura possa estar susceptível, bem como na caracterização dos potenciais eventos adversos e circunstâncias anômalas que podem engatilhar tais modos de falha. Frente a esta análise inicial, é adotado o modo de falha que apresenta maior probabilidade de ocorrência associado ao maior dano potencial possível. Com a definição do mecanismo de ruptura mais provável, ou mais crítico, iniciam-se os estudos de propagação da onda de ruptura.

Alguns eventos adversos e circunstâncias anômalas que podem desencadear a ruptura de uma estrutura são:

- Evento extremo de precipitação;
- Obstrução do sistema extravasor da estrutura;
- Abalos sísmicos;
- Recalques ou colapso da fundação;
- Colmatação da drenagem interna.
- Falta de compactação e garantia do controle tecnológico na construção do maciço.

Essas circunstâncias podem levar à ruptura da barragem pelos seguintes mecanismos:

- Erosão interna (*piping*);
- Galgamento (*overtopping*);
- Liquefação;
- Instabilidade estrutural.

### 5.1 MECANISMOS DE RUPTURA

Nesse item são apresentados os quatro mecanismos de ruptura em estruturas de barramento: erosão interna (*piping*), galgamento, liquefação e instabilidade do maciço.

#### **Erosão interna (*piping*)**

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>14/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

A erosão interna ocorre quando partículas de solo, dentro de um maciço ou em suas fundações, são carregadas para jusante pelo fluxo de percolação (Silva, 2016). Geralmente, este fenômeno pode ocorrer devido a um conjunto de fatores, tais como: elevado gradiente hidráulico, granulometria uniforme dos materiais utilizados, ausência de dimensionamento de transições entre fundação e maciço, dentre outros.

O processo de erosão interna pode acontecer somente pelo maciço, somente pela fundação, ou por ambos e, segundo o ICOLD (2015) pode ocorrer de três formas:

- Erosão interna regressiva e erosão por vazamento concentrado;
- Erosão interna regressiva na fundação com a formação de um *piping*;
- Erosão interna no maciço para a fundação com a formação de um *piping*.

O risco de erosão interna (*piping*) fica reduzido quando:

- A estrutura apresenta sistema de drenagem interna operativo, dimensionado considerando o nível de água máximo operacional do reservatório;
- A construção do maciço se dá com controle tecnológico, atendendo aos critérios estabelecidos em projeto;
- Os materiais utilizados durante a construção da estrutura foram os especificados em projeto, atendendo às características de granulometria, resistência e permeabilidade;
- Há monitoramento das vazões de saída do sistema de drenagem interna.

O relatório do Projeto de As Is da Barragem BR (WBH122-17-MOSC041-RTE-0017), elaborado pela WALM em 2019, cita o sistema de drenagem interna associado à implantação de tapetes filtrantes de pedra britada com transições de pedrisco, areias e mantas geotêxtil no reforço de jusante executado neste mesmo ano. Os tapetes filtrantes de pedra britada teriam a função de captar o fluxo de água infiltrada do reservatório, chuvas e operações de ciclonagem para o alteamento, fazendo com que o nível de água se mantivesse rebaixado do espaldar de jusante, contribuindo para a estabilidade da estrutura, liquefação e erosões subterrâneas.

Contudo, não há evidências ou “*As Built*” em relação ao sistema de drenagem interna da barragem como um todo. É válido também mencionar que surgências de água já foram verificadas no passado, mais precisamente no contato do maciço com a ombreira esquerda, à meia altura da barragem atual (próximo à EL. 1.180 m). Tais surgências culminaram com a elaboração de um projeto de dreno para este setor, elaborado pela Walm Engenharia.

	 <small>DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>15/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Sendo assim, entende-se que o modo de falha causado por uma erosão interna (*piping*) na Barragem BR não possa ser desprezado em termos de probabilidade de ocorrência.

### **Galgamento (*overtopping*)**

Para que ocorra o galgamento em uma barragem é necessária a ocorrência de um evento de precipitação que gere vazões as quais a estrutura não seja capaz de amortecer, ou devido à obstrução total ou parcial do sistema extravasor.

O relatório do Projeto Detalhado da Barragem BR na EL. 1.210 m (DF19-263-1-EG-RTE-0003), elaborado pela DF+ em 2020, apresenta a verificação hidráulica do sistema extravasor da Barragem BR para chuvas críticas com TR de 1.000 e 10.000 anos e conclui que a estrutura atende aos requisitos de segurança preconizados na NBR 13.028 (ABNT, 2017), com borda livre remanescente de 6,43 m e 6,10 m, respectivamente.

Diante do exposto, a probabilidade de o sistema extravasor não ser capaz de suportar cheias é inferior a 0,01%, sendo o galgamento um método de falha de baixa probabilidade de ocorrência para a Barragem BR. Ainda que ocorra uma obstrução total do sistema extravasor, a elevada borda livre, aliada à constante vigília da barragem, permite que se tenha tempo suficiente para tomada de providências com o intuito de mitigar tal situação.

### **Instabilidade Estrutural**

A ruptura local ou global dos taludes de um maciço ocorre pela redução do fator de segurança, provocada por diversos mecanismos como: erosões nos taludes de jusante ou montante, elevação do nível freático, deformação excessiva, rebaixamento rápido do nível do reservatório, eventos sísmicos, colmatação de filtros e drenos, deficiência na compactação do maciço, falhas no tratamento de fundação e erros de projeto.

O relatório do Projeto Detalhado da Barragem BR na EL. 1.210 m (DF19-263-1-EG-RTE-0003), elaborado pela DF+ em 2020, apresenta os estudos de estabilidade desenvolvidos para a Barragem BR e indica fatores e segurança acima dos mínimos admitidos pela NBR 13.028/2017.

Dessa forma, não é esperado, em condições normais de operação, a falha da Barragem BR por este modo de falha.

### **Liquefação**

Segundo Silva (2010), o termo liquefação traduz basicamente um fenômeno gerado pelo acréscimo rápido de poropressões não passíveis de dissipação imediata, que implicam em uma redução súbita de tensão efetiva e conseqüentemente em uma queda substancial na resistência ao cisalhamento. Isso implica em rupturas ocorrendo com deslocamentos de massas com altas velocidades e grandes mobilizações.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>16/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

A construção de aterros e diques sobre rejeitos fofos e saturados, podem induzir a aumentos rápidos nos níveis de tensões e condições não drenadas, além de a disposição de rejeitos nesse tipo de barramento ser feita por aterro hidráulico, ou seja, acrescentando-se rejeito saturado à estrutura (SILVA, 2010).

O escorregamento, quando iniciado, continuará até que as tensões atuantes sejam igualadas às tensões resistentes do solo no estado liquefeito. Os trechos não envolvidos na ruptura inicial podem liquefazer posteriormente por descarregamento lateral, aumentando o volume de solo que flui a jusante.

Diante disso, é válido dizer que para barragens construídas com sistema de alteamento a montante, a probabilidade de ocorrência desse fenômeno é maior que para barragens construídas pelo método de linha de centro ou a jusante.

Segundo o relatório do Projeto de As /s da Barragem BR (WBH122-17-MOSC041-RTE-0017), elaborado pela WALM em 2019, o maciço atual da Barragem BR é constituído por dique de partida em solo argiloso compactado e alteamentos sucessivos por linha de centro utilizando o rejeito de magnetita. Este material, de característica arenosa e não coesiva, caso encontre-se em estado fofo, é susceptível à liquefação. O relatório de consolidação de dados e ensaios de campo e laboratório, elaborado pela DF+ para o projeto detalhado de alteamento da Barragem BR para a EL. 1.210 m (DF19-263-1-EG-RTE-0001), apresentou a análise de susceptibilidade do material do maciço e confirmou que o rejeito que constitui o maciço atual é susceptível ao modo de falha liquefação.

No entanto, o projeto detalhado de alteamento da Barragem BR para a EL. 1.210 m (DF19-263-1-EG-DWG-0003) foi desenvolvido também com a premissa de mitigar as possibilidades de ocorrência deste modo de falha, e para tanto contemplou como uma de suas premissas a construção de reforço em material com controle efetivo de compactação, de modo a garantir que ele se apresente com características dilatantes (não susceptíveis). Além disso, e fundamentalmente, foi definido que o critério de aceitação para as análises de estabilidade considerando a condição não drenada residual (liquefeita) seria a partir de um fator de segurança mínimo de 1,25. Tal fator é superior ao estipulado nas normas vigentes atuais, que preconizam atender a um fator de segurança mínimo de 1,1 para esta condição em projetos de descaracterização.

Diante do exposto, e considerando o cenário futuro previsto no projeto de alteamento para a EL. 1.210 m, na qual é o cenário estudado nesse relatório, entende-se que a falha da Barragem BR por liquefação seja uma hipótese de baixa probabilidade de ocorrência.

### **Método de falha adotado para a simulação**

Em virtude do exposto anteriormente, buscando considerar a análise do cenário de maior dano dentre os modos de falha com maior probabilidade de ocorrência, optou-se por adotar o *piping* como mecanismo de ruptura para a Barragem BR.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>17/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Para as barragens BD-2 e BD-5 e BRI adotou-se, por efeito cascata, o galgamento como modo de falha.

## 6.0 PREMISSAS E CRITÉRIOS

Apresenta-se na sequência uma lista das principais premissas e critérios assumidos para o estudo:

### Premissas e critérios gerais

- A propagação da onda de ruptura foi efetuada por um modelo matemático bidimensional, baseado nas equações de águas rasas (*Shallow Water Equations*), e resultante de adaptações feitas às equações de movimento de Navier-Stokes. A justificativa para tal é apresentada no tópico 10.1 deste relatório;
- Considerou-se o nível de água nas barragens, no momento da ruptura, no nível máximo *Maximorum*, referente à ocorrência de um evento pluviométrico com tempo de retorno de 10.000 anos, nas respectivas bacias de contribuição;
- Para a simulação da propagação da onda de ruptura, considerou-se dia seco, ou seja, sem a ocorrência de chuvas a jusante das barragens. A DF+ entende que a adoção dessa premissa considera o cenário mais crítico em termos de alcance longitudinal da onda de ruptura, uma vez que a consideração de evento pluviométrico decamilenar simultâneo no vale a jusante levaria a mudanças no critério de interrupção da simulação, levando a onda a atingir maiores distâncias. Ademais, vale destacar que nos trechos iniciais da propagação não haveria diferença nos resultados apresentados, devido à discrepância na ordem de grandeza das vazões decorrentes da ruptura, em comparação às de uma chuva no vale a jusante. Nos trechos mais afastados do local da ruptura, entende-se que o acréscimo no alcance transversal da onda, ou seja, o acréscimo pelas margens, sobre a ocupação da calha considerando-se dia chuvoso, seria irrisório;
- Os dados trabalhados das propriedades reológicas da massa mobilizada, abrangem todo o volume a ser escoado para jusante, levando em conta os volumes de rejeitos, dos maciços e de água. Ressalta-se que o valor de Cv obtido para o trecho 01 levou em conta os volumes mobilizados para a ruptura das barragens BR e BD-2. No trecho 02, o volume mobilizado na ruptura da Barragem BD-5 foi incorporado à composição do Cv. No trecho 03, o volume mobilizado na ruptura da Barragem BRI foi incorporado à composição do Cv. O teor de sólidos obtido no trecho 03 foi replicado para o trecho 04, pelo fato de esta última divisão dos trechos ter se dado apenas pela mudança de base topográfica;

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>18/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

- Para definição dos parâmetros de brecha das estruturas (tempo de formação, largura média e ângulo lateral), foi adotado o modelo proposto por Froehlich (2016);
- Como não foi fornecida topografia primitiva de nenhuma das estruturas pela Mosaic, foi feita a reconstituição com base na topografia atual das estruturas e nos talwegues naturais nas proximidades das mesmas;
- Não foi considerada erosão do terreno ou solo a jusante da estrutura, sendo representados apenas os parâmetros reológicos e a deposição do material no vale a jusante;
- A interrupção das simulações foi dada quando o hidrograma da onda em trânsito pelo Rio Araguari alcançou vazões de mesma ordem de grandeza que as naturalmente existentes no curso de água.

### **Premissas e critérios – Barragem BR**

- A hipótese de ruptura por *piping*, englobando parte do maciço da estrutura, juntamente ao rejeito mobilizado, contido no reservatório, foi adotada para a ruptura hipotética da barragem, independente da condição operacional desta;
- O dique de partida do maciço não foi mobilizado na ruptura, por constituir-se de material coesivo, além do fato de existir considerável espessura de material drenante a jusante (rejeito granular de magnetita), o que contribui significativamente para os efeitos de cicatrização do material caso um foco de erosão interna viesse a se iniciar neste setor. Sendo assim, a elevação da crista do dique de partida foi a elevação mínima considerada para a deflagração da eventual ruptura por *piping*;
- Considerando-se a hipótese de ruptura por *piping*, o volume do reservatório mobilizado na ruptura se deu a partir da cota da crista do dique de partida (EL. 1.160 m), obedecendo o ângulo de repouso do material do rejeito pós-ruptura (1°), radialmente projetado em direção às extremidades de montante do reservatório, de forma que apenas o volume contido acima desta superfície foi mobilizado. A estimativa de mobilização do volume está explicitada no item 9.4. O volume da brecha foi incorporado à curva cota x volume, para geração do hidrograma de ruptura no HEC-HMS;
- Foi considerada a ocupação do reservatório apresentada no plano de disposição de rejeitos do Projeto Detalhado da Barragem BR na EL. 1.210 m (DF19-263-1-EG-DWG-0002), elaborado pela DF+ em 2020 e elevação do N.A. na cota 1.203,9 m, correspondente ao N.A. Máx. *Maximorum* da barragem, referente à ocorrência de um evento pluviométrico com tempo de retorno de 10.000 anos em sua bacia de contribuição.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>19/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

### **Premissas e critérios – Barragem BD-2**

- A hipótese de falha por galgamento, devido ao efeito cascata da onda advinda da ruptura da Barragem BR, que invade o reservatório da estrutura, foi adotada para a Barragem BD-2, independente da condição operacional desta. Para tanto, considerou-se a ruptura da barragem com nível de água 0,1 m acima da elevação correspondente à crista do maciço (1.165,1 m);
- Considerou-se a mobilização de 100% do volume do reservatório, em função da proximidade com o maciço da Barragem BR e da quantidade de massa e energia provenientes da ruptura dessa estrutura. O volume da brecha foi incorporado à curva cota x volume, para geração do hidrograma de ruptura no HEC-HMS;
- Considerou-se, no momento da chegada da onda proveniente da ruptura da barragem BR, que a elevação do N.A. estivesse na cota 1.164,73 m, representativa do N.A. Máx. *Maximorum* da barragem (TR 10.000 anos).

### **Premissas e critérios – Barragem BD-5**

- A hipótese de falha por galgamento, devido ao efeito cascata da onda advinda da ruptura das barragens BR e BD-2, a montante, foi adotada para a Barragem BD-5, independente da condição operacional desta. Para tanto, considerou-se a ruptura da barragem com nível de água 0,1 m acima da elevação correspondente à crista do maciço (1.147,1 m);
- Considerou-se a mobilização de 100% do volume do reservatório, em função da proximidade com o maciço da Barragem BR e da quantidade de massa e energia provenientes da ruptura dessa estrutura. O volume da brecha foi incorporado à curva cota x volume, para geração do hidrograma de ruptura no HEC-HMS;
- Considerou-se, no momento da chegada da onda proveniente da ruptura das barragens a montante, que a elevação do N.A. estivesse na cota 1.146,67 m, representativa do N.A. Máx. *Maximorum* da barragem (TR 10.000 anos).

### **Premissas e critérios - Barragem BRI**

- A hipótese de falha por galgamento, devido ao efeito cascata da onda advinda da ruptura das barragens BR, BD-2 e BD-5, foi adotada para a Barragem BRI, independente da condição operacional desta. Para tanto, considerou-se a ruptura da barragem com nível de água 0,1 m acima da elevação correspondente à crista do maciço (1.078,1 m);
- Como não foi fornecida topografia primitiva pela Mosaic para aferição do volume total do reservatório da Barragem BRI, foi utilizado o volume de projeto

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>20/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

de 30.000.000 m<sup>3</sup>, conforme relatório de Auditoria Técnica de Segurança (MOFZ.AT-LT-FTP-104-01.18), elaborado pela Tractebel em outubro de 2018;

- O arranjo geral do projeto de *As Is* elaborado pela WALM em abril de 2019 (documento WBH122-17-MOSC041-DES-0025), foi utilizado para estimativa do volume de sedimentos assoreados no reservatório, considerado como a diferença entre o volume de projeto e o volume da batimetria;
- Considerou-se para a Barragem BRI, destinada à acumulação de água, a mobilização de 100% do volume de água no reservatório até a cota do N.A. Máx. *Maximorum* e 35,4% do volume de sedimentos, distribuído linearmente entre as cotas de fundo (1.043,0 m) e de crista (1.078,0 m). O volume da brecha foi incorporado à curva cota x volume, para geração do hidrograma de ruptura no HEC-HMS;
- O percentual de 35,4% do volume de sedimentos refere-se à curva de regressão matemática apresentada por Rico (2007), representativa do volume médio mobilizado em casos históricos de rupturas de barragens;
- Considerou-se, no momento da chegada da onda proveniente da ruptura das barragens a montante, que a elevação do N.A. estivesse na cota 1.075,88 m, representativa do N.A. Máx. *Maximorum* da barragem (TR 10.000 anos).

## 7.0 ACERVO DE INFORMAÇÕES E DADOS

As informações e dados utilizados nos estudos embasaram-se nos documentos apresentados na Tabela 7.1. Boa parte da documentação utilizada já existia nos servidores da DF+ por se tratarem de projetos antigos das mesmas estruturas. Para os documentos que não apresentavam numeração própria optou-se por referenciá-los pelo nome dos arquivos eletrônicos enviados pela Mosaic.

Ressalta-se que apenas os documentos aplicados nas análises e definições de premissas para os estudos estão apresentados. Os demais arquivos disponibilizados encontram-se nos servidores da DF+ e poderão ser consultados sempre que necessário.

Tabela 7.1 – Lista de documentos utilizados no estudo.

Código do documento	Nome do arquivo / Referência
DF19-263-1-EG-RTE-0003	Projeto Detalhado da Barragem BR na EL. 1.210,0 m elaborado pela DF+ em 2020.
DF19-263-1-EG-DWG-0002	Projeto Detalhado do Plano de Disposição de Rejeitos da Barragem BR na EL. 1.210,0 m, elaborado pela DF+ em 2020.
DF19-263-1-EG-RTE-0001	Relatório de Consolidação de Dados e Ensaios de Campo para o Projeto Detalhado da Barragem BR para a EL.1.210,0 m, elaborado pela DF+ em maio de 2020.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>21/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Código do documento	Nome do arquivo / Referência
WBH122-17-MOSC041-RTE-0017	Projeto de As Is – Complexo CMT – Barragem BR - Elaborado pela Walm em 2019
WBH122-17-MOSC106-RTE-0014	Relatório de Auditoria Técnica de Segurança da Barragem BR, elaborado pela WALM em março de 2020.
VG17-092-1-EG-RTE-0024	Projeto de Dam Break – Complexo CTM – Barragem BR
WBH122-17-MOSC106-RTE-0017	Relatório de Auditoria Técnica de Segurança da Barragem BD-2, elaborado pela WALM em março de 2020.
BATIMETRIA BD5 CMT - AGOSTO 2017.dwg	Batimetria Barragem BD5 – Agosto 2017
WBH122-17-MOSC041-RTE-0018	Projeto de As Is – Complexo CMT – Barragem BD-5 - Elaborado pela Walm em 2019
WBH122-17-MOSC106-RTE-0018	Relatório de Auditoria Técnica de Segurança da Barragem BD-5, elaborado pela WALM em março de 2020.
VG17-092-1-EG-RTE-0067	Revisão Periódica de Segurança de Barragem – Barragem BD-5 – Elaborado pela VOG em 2018
MOFZ.AT-LT-FTP-104-01.18	Relatório de Auditoria Técnica de Segurança da Barragem BRI, elaborado pela Tractebel em outubro de 2018.
WBH122-17-MOSC041-DES-0025_Rev.0	Projeto de As Is – Barragem BRI – Arranjo geral, elaborado pela WALM em abril de 2019.
VG17-092-1-EG-RTE-0069	Relatório Técnico - Revisão Periódica de Segurança de Barragem – Barragem BRI, elaborado pela VOG em julho de 2018.
WBH122-17-MOSC070-RTE-0016	Relatório de Auditoria Técnica de Segurança da Barragem BRI, elaborado pela WALM em agosto de 2019.
curvas_de_nivel_cmt	Topografia do entorno e área a jusante, fornecida pela Mosaic em 2016.
CURVAS DE NIVEL CMT - 09JULHO2020.dwg	Topografia da região da planta industrial e dos reservatórios das barragens BD-2 e BD-5, fornecida pela Mosaic em julho de 2020.
-	Cálculo de Volume de Rejeitos – PLANO DE PRODUÇÃO_CMT_LOM_Rev03_Ciclo 2019

## 7.1 CARTOGRAFIA E IMAGEAMENTO

O MDT utilizado para a realização desse trabalho foi gerado por curvas de nível de bases topográficas distintas. O primeiro levantamento (CURVAS DE NIVEL CMT - 09JULHO2020.dwg), fornecido pela Mosaic em julho de 2020, contempla a região da planta industrial e dos reservatórios das barragens BD-2 e BD-5. A segunda base, na região do reservatório da Barragem BR, refere-se ao plano de disposição de rejeitos do projeto detalhado de alteamento da Barragem BR para a EL. 1.210 m, elaborado pela DF+ em 2020 (DF19-263-1-EG-DWG-0002). O terceiro levantamento (curvas\_de\_nivel\_cmt.shp), fornecido em 2016, contempla porções de áreas no entorno. O MDT utilizado para as simulações foi elaborado pelo princípio da estereoscopia aplicado às imagens de satélite coletadas. A

	 <small>DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>22/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

estereoscopia permitiu a obtenção de dados tridimensionais, por meio da observação de um par de imagens planas (estereopares) de uma mesma cena, com ângulos de incidência distintos.

Estas bases foram fornecidas no datum Córrego Alegre e reprojetadas para WGS84, conforme os parâmetros oficiais do IBGE. As curvas de nível (com informações de metro em metro), foram utilizadas para geração do Modelo Digital de Terreno (MDT) que foi utilizado como condição de contorno geométrica para as análises no *software* RiverFlow2D® (HYDRONIA, 2016).

Ressalta-se que a topografia detalhada se estendeu por aproximadamente 88 km, de forma que, para modelagem do vale a jusante da Barragem BR, foi necessário o incremento topográfico por mais aproximadamente 46 km, com o intuito de complementar os dados fornecidos pela Mosaic, uma vez que o critério de interrupção da simulação não foi alcançado nos limites da topografia de detalhe.

Sendo assim, o talvegue foi estendido por um trecho adicional, em que o mesmo trabalho de consistência aplicado aos dados do cliente foi aplicado.

Nesse estudo, para complementação da base de dados, optou-se por utilizar os Modelos Digitais de Elevação (MDE's) do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução de 30 metros, disponibilizados pela *National Aeronautics and Space Administration* – NASA, site <https://earthexplorer.usgs.gov/> (acesso em 14/11/2016).

Como não foi fornecida topografia primitiva da região dos reservatórios das barragens, foi necessário realizar a reconstituição da topografia primitiva, que foi feita com base na topografia existente, com referência nas regiões do entorno dos reservatórios.

Em estudos de ruptura hipotética de barragens, o aumento da precisão da topografia da planície de inundação exerce grande influência na delimitação da área atingida e dos impactos causados pela ruptura. Assim sendo, cabe salientar que a simulação e os resultados apresentados estão associados às limitações e incertezas da informação utilizada.

## 7.2 COMPLEMENTO TOPOGRÁFICO

Como já citado anteriormente, a simulação foi desenvolvida em quatro trechos distintos. A última divisão se deu pelo fato de que a base topográfica detalhada do vale a jusante da estrutura (com aproximadamente 88 km de extensão, a partir do maciço da Barragem BR), fornecida pela Mosaic, não foi suficiente para a propagação da onda de ruptura das estruturas em estudo, fazendo-se necessária a utilização da base topográfica obtida através do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

Entende-se que a topografia utilizada para propagação da onda de ruptura possui qualidade adequada para o estudo, porém, identificou-se, após as simulações, que essa base possui limitações em alguns pontos específicos, no que tange a área contemplada pelo levantamento topográfico. Sendo assim, a Figura 7.1 apresenta os pontos onde faz-se necessário um

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>23/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

complemento topográfico, quando analisada base topográfica de detalhe, fornecida pela Mosaic.

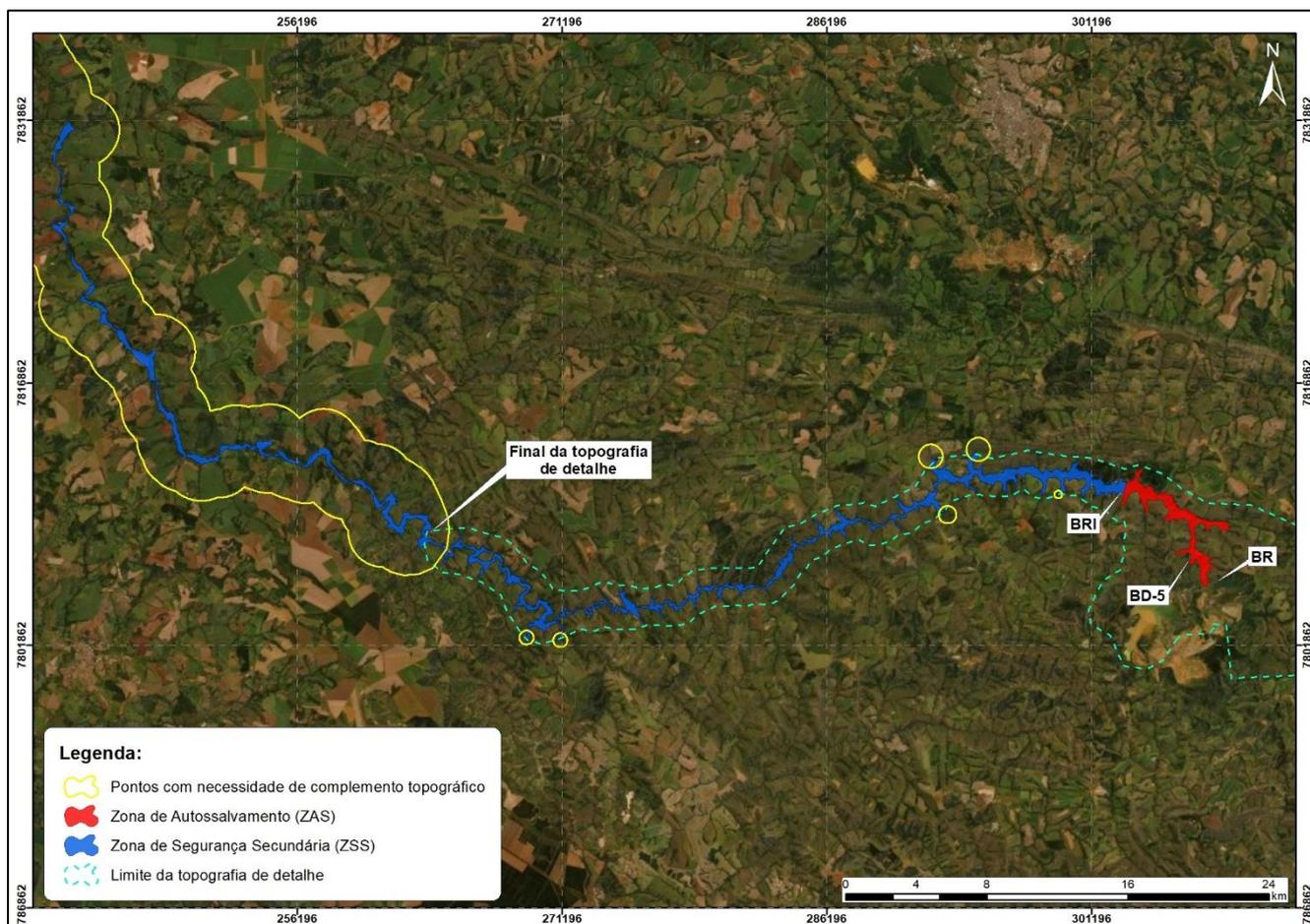


Figura 7.1 – Localização dos pontos que necessitam de complemento topográfico.

Orienta-se, para refinamento ainda maior dos resultados, que seja realizado complemento topográfico de detalhe de toda a região afetada a jusante do final da base de detalhe fornecida (trecho 04), já que para este estudo, conforme mencionado anteriormente, foi utilizada topografia SRTM, disponibilizada pela NASA.

### 7.3 REGISTROS FLUVIOMÉTRICOS

Os estudos fluviométricos apresentados neste documento foram obtidos no projeto de *Dam Break* da Barragem BRI (VG17-092-1-EG-RTE-0023), elaborado pela VOG no ano de 2017.

Para a definição da magnitude das cheias naturais nos cursos de água potencialmente impactados pela ruptura hipotética da Barragem BR, coletaram-se os registros fluviométricos de estações de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizados por meio do canal de divulgação HIDROWEB ([www.hidroweb.ana.gov.br](http://www.hidroweb.ana.gov.br)).

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>24/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Os dados cadastrais das estações fluviométricas estão apresentados na Tabela 7.2, bem como a área de drenagem das bacias hidrográficas referenciadas a partir das coordenadas das estações.

Tabela 7.2 – Dados cadastrais das estações fluviométricas regionais.

Código	60100000	60145000	60265000	60010000	60220000
Nome	Charqueada do Patrocínio	Iraí de Minas	Ibiá	Santana de Patos	Desemboque
Rio	Rio Dourados	Rio Bagagem	Rio Misericórdia	Rio Paranaíba	Rio Araguari
Latitude	-18:54:4	-18:58:41	-19:28:30	-18:50:28	-20:0:50
Longitude	-46:57:57	-47:27:23	-46:32:31	-46:33:3	-47:1:2
Área de Drenagem(km <sup>2</sup> )	78	93	1370	2730	1070
Disponibilidade de dados de vazão	03/1952 a 03/2016	10/1952 a 02/2016	06/1946 a 02/2016	05/1949 a 06/2016	10/1955 a 05/2016

Ressalta-se que apenas os registros fluviométricos consistidos pela própria ANA/CPRM foram utilizados nos estudos, tendo sido analisados e validados. Não houve, no entanto, qualquer tratamento da série de vazões por parte da equipe técnica da DF+.

## 8.0 MATERIAL DO RESERVATÓRIO

Em consonância com o exposto no segundo parágrafo do artigo 6º da Resolução 32, este capítulo apresenta a caracterização do material do reservatório da Barragem BR através de resultados de ensaios de caracterização física, química e mineralógica, bem como da classificação do material frente à NBR 10.004 e apresentação da batimetria mais atualizada da estrutura em tela.

### 8.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA

O reservatório da Barragem BR é composto por rejeitos *underflow* (praia) e rejeitos finos (lama e ultrafino). O rejeito *underflow* é lançado junto ao maciço, principalmente por causa da sua capacidade drenante, já os rejeitos finos são lançados nas porções de montante, ao longo da margem esquerda, conforme mostrado na Figura 8.1.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>25/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

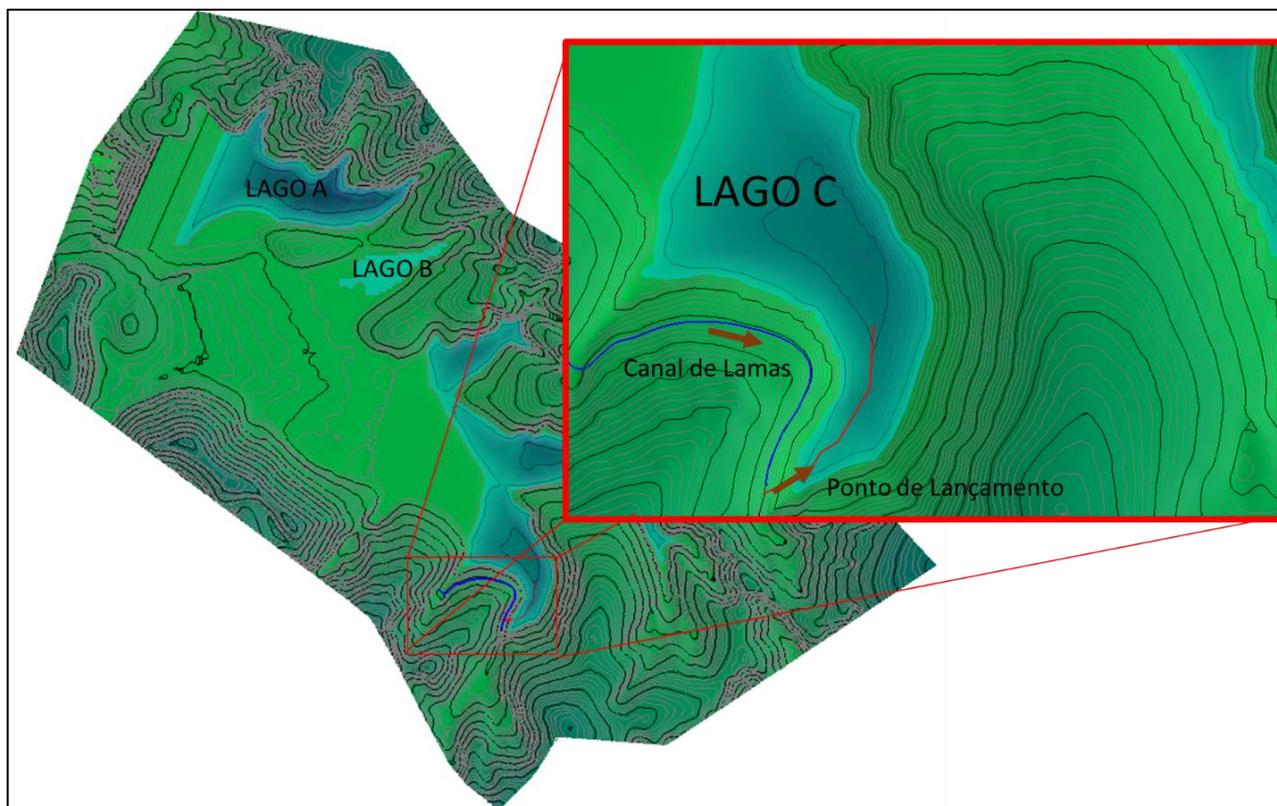


Figura 8.1 – Canal de Lamas (azul) e alinhamento da projeção do rejeito no reservatório (vermelho).

A caracterização física do rejeito *underflow*, material presente no reservatório da Barragem BR, foi conduzida através dos resultados dos ensaios de laboratório realizados pela Patrol (2014) em três amostras indeformadas (PI01, PI02 e PI03) obtidas na praia, conforme apresentado **Erro! Autoreferência de indicador não válida..**

Este material possui peso específico dos sólidos ou dos grãos ( $Y_s$ ) variando entre 34,10 a 35,10  $\text{KN/m}^3$ , índices de vazios entre 1,35 ( $e_{\max}$ ) e 1,03 ( $e_{\min}$ ) e granulometria com predominância de areia média e fina.

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 material de forma homogênea.

Diante do exposto, o peso específico natural deste rejeito varia entre 17,74 a 19,38  $\text{kN/m}^3$ , o saturado ( $Y_{\text{sat}}$ ) entre 22,24 e 21,78  $\text{kN/m}^3$  e o peso específico seco ( $Y_d$ ) entre 17,11 e 16,43  $\text{kN/m}^3$ , com teor de umidade ( $w$ ) variando entre 7,80 a 15,60%. Com relação a compactidade relativa (CR) do material, o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66 o que o classifica como medianamente compacto segundo a classificação sugerida por Terzaghi (1947).

Tabela 8.1 – Resumo dos resultados da caracterização física do rejeito *underflow*.

AMOSTRA	Prof. (m)	$\gamma_{nat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	w (%)	$\gamma_d^{(1)}$ (kN/m <sup>3</sup> )	e <sup>(2)</sup>	e <sub>máx</sub>	e <sub>mín</sub>	CR <sup>(4)</sup>	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}^{(3)}$ (kN/m <sup>3</sup> )	GRANULOMETRIA (%)					
											Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia Grossa	Pedregulho
PI-01	1,2 a 1,5	19,38	15,60	16,77	1,03	1,24	0,78	0,46	34,10	21,87	3,40	10,10	46,10	39,00	1,40	0
PI-02	1,2 a 1,5	17,74	7,80	16,46	1,13	1,35	0,88	0,47	35,10	21,78	2,20	9,90	47,30	39,20	1,40	0
PI-03	1,2 a 1,5	18,79	9,80	17,11	1,05	1,28	0,84	0,52	35,10	22,24	3,40	7,10	53,60	34,60	1,20	0

(1)  $\gamma_d$  foi calculado pela correlação:  $\gamma_{nat}/(1+w)$ ;

(2) e foi calculado pela correlação:  $(\gamma_s/\gamma_d) - 1$ ;

(3)  $\gamma_{sat}$  foi calculado pela correlação:  $\gamma_s + (e\gamma_w)/(1+e)$ ;

(4) Compacidade Relativa calculada através da equação  $CR = (e_{máx} - e)/(e_{máx} - e_{mín})$ .

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA</b> <b>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	PÁGINA <b>27/87</b> REV. <b>0</b>

A partir dos resultados das análises granulométricas realizadas no rejeito *underflow*, verifica-se que se trata de um material arenoso pois é composto predominantemente por areia (aproximadamente 90%) com pequena parcela de silte e argila (aproximadamente 10%), conforme pode ser observado na Figura 8.2. Percebe-se através destes resultados que o material apresenta graduação uniforme ( $C_u \cong 1$ ). Além disso, não apresenta limites de liquidez e plasticidade, sendo classificado quanto à sua consistência em NL e NP, respectivamente.

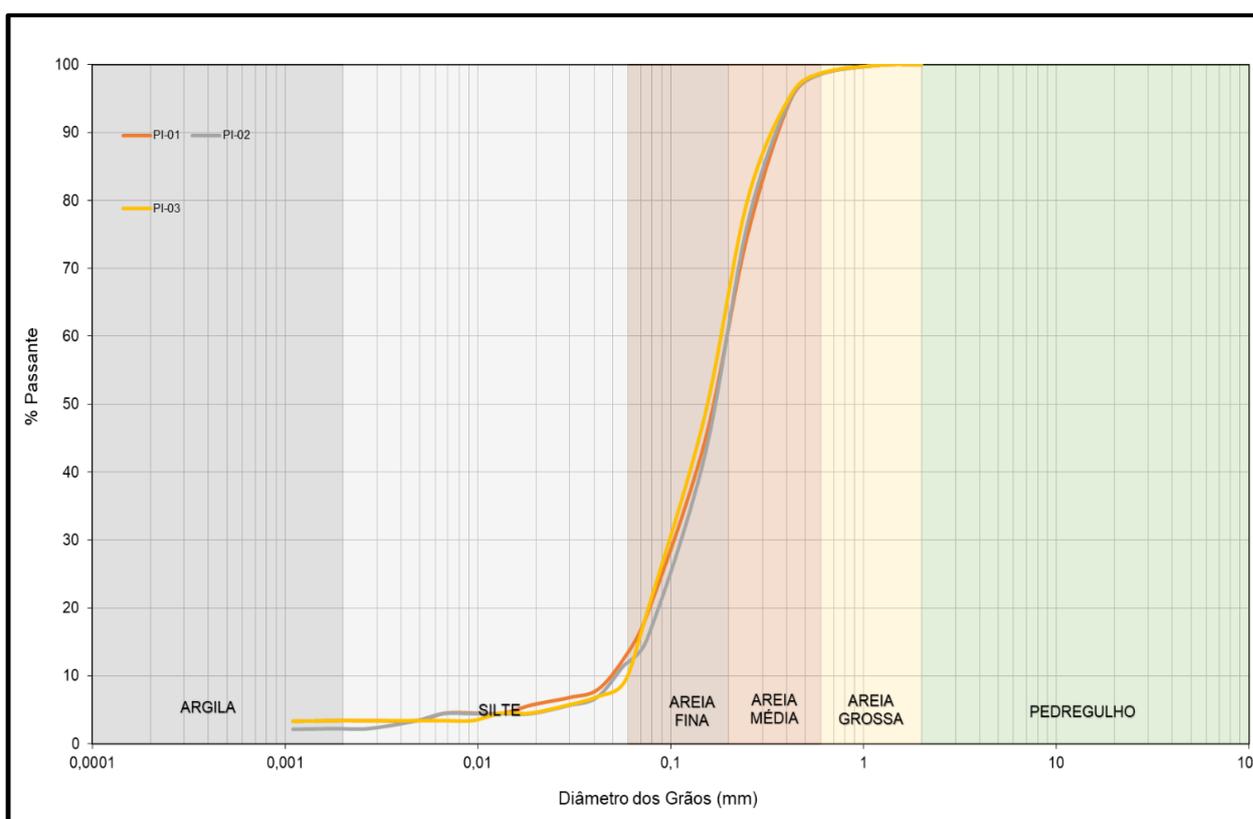


Figura 8.2– Curvas granulométricas do rejeito.

Adicionalmente, a equipe de operação da Mosaic forneceu algumas características dos rejeitos de lama e ultrafino, também presentes no reservatório, conforme mostrado na Tabela 8.2. É possível notar as características fluidas destes rejeitos provenientes da planta industrial, de onde saem com umidade bastante elevada e com densidade de polpa semelhante à da água.

Tabela 8.2 – Caracterização física dos rejeitos finos.

MATERIAL	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidade de Polpa (kN/m <sup>3</sup> )	Teor de umidade w (%)
Rejeito de Lamas	32,00	10,40	1566,67
Rejeito Ultrafino	32,00	12,60	237,84

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>28/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Quanto aos parâmetros de resistência obtidos através dos ensaios de compressão triaxial, destaca-se que o material do reservatório (*underflow*) não apresenta intercepto coesivo e o ângulo de atrito efetivo é da ordem de 36°, características típicas de um material com predominância arenosa.

Os resultados dos ensaios assim como a envoltória de ruptura deste material podem ser visualizados no documento DF19-263-1-EG-RTE-0001, parte do projeto detalhado de alteamento da Barragem BR.

O estado de tensões em que o material se encontra é de suma importância para a determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento assim como para a identificação de superfícies potenciais de ruptura. Por se tratar de um material não compactado, condição em que ele se encontra no campo, as curvas tensão *versus* deformação obtidas no ensaio triaxial, não apresentam pico de resistência e, portanto, o ângulo de repouso é semelhante ao ângulo de atrito interno efetivo que é de 36°.

Este material é classificado ainda como susceptível à liquefação conforme estudos realizados no documento DF19-263-1-EG-RTE-0001. Tais estudos foram feitos utilizando-se metodologias consagradas para esta determinação por meio dos ensaios de laboratório e de campo.

Por se tratar de um material arenoso, infere-se que um dos minerais mais abundantes presentes na composição mineralógica do *underflow* é o quartzo. No entanto, em função do elevado valor de peso específico dos grãos ou dos sólidos encontrado, é possível concluir sobre a presença de magnetita em percentual significativo. Tal percentual se deve provavelmente à remoção não completa deste mineral no processo de separação magnética durante as etapas do beneficiamento da mina. Cabe ressaltar, porém, que outros minerais em menor proporção podem estar presentes em sua constituição, mas não foram localizados/disponibilizados relatórios com base em ensaios específicos (como difratometria de raio X e MEV) para maiores detalhes.

Assim, ressalta-se que, caso sejam realizados novos ensaios de caracterização, reológicos ou de resistência ao cisalhamento no material do reservatório da Barragem BR, recomenda-se que tais ensaios sejam consolidados e confrontados com os parâmetros adotados neste estudo e, a depender dos resultados, recomenda-se também que o estudo de ruptura hipotética da Barragem BR para a EL. 1.210m seja revisitado considerando estes novos ensaios. Esta recomendação também é válida caso haja alguma alteração na disposição de materiais distintos do previsto em projeto para a estrutura em tela ou sejam realizados avanços no estado da arte relacionada a este tipo de estudo.

Para a caracterização química de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004a), foram realizadas análises de solubilidade e toxicidade em duas amostras contidas no reservatório. Os extratos para a análise de toxicidade (lixiviado) e solubilidade (solubilizado) foram preparados de acordo com as recomendações da NBR 10005 (ABNT, 2004b) e NBR 10006 (ABNT, 2004c),

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>29/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

respectivamente. Na Tabela 8.3 são mostradas características químicas importantes para classificação do material, tais como o pH básico (próximo de 9) e o elevado teor de sólidos (na faixa de 80%).

Tabela 8.3 - Massa Bruta dos Dados de Preparo - NBR 10004:2004.

PROPRIEDADES	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02
pH	9,44	9,14
Teor de Sólidos	88,56%	83,80%

A Tabela 8.4 e a Tabela 8.5 mostram os resultados desta caracterização para as amostras lixiviadas e solubilizadas, respetivamente. Para mais detalhes ver relatórios “Rejeito da Barragem BR - Amostra 01 (Ponto dentro da Barragem)” e “Rejeito da Barragem BR - Amostra 02 (Ponto dentro da Barragem)”, presentes no Anexo I e Anexo II, respectivamente.

Tabela 8.4 - Resultado Analítico dos Lixiviados Inorgânicos - NBR 10005:2004.

ANÁLISE	RESULTADO AMOSTRA 01	RESULTADO AMOSTRA 02	LIXIVIADO PERMITIDO (NBR 10005:2004)
Arsênio Total	< 0,005mg/L	< 0,005mg/L	1,0 mg/L
Bário Total	1,75mg/L	5,38mg/L	70 mg/L
Cádmio Total	< 0,001mg/L	< 0,001mg/L	0,5 mg/L
Chumbo Total	0,007mg/L	< 0,006mg/L	1,0 mg/L
Cromo Total	< 0,01mg/L	< 0,01mg/L	5,0 mg/L
Mercúrio Total	< 0,001mg/L	< 0,001mg/L	0,1 mg/L
Prata Total	< 0,003mg/L	0,005mg/L	5,0 mg/L
Selênio Total	< 0,005mg/L	< 0,005mg/L	1,0 mg/L

Tabela 8.5 – Resultado Analítico dos Solubilizados Inorgânicos - NBR 10006:2004.

ANÁLISE	RESULTADO AMOSTRA 01	RESULTADO AMOSTRA 02	SOLUBILIZADO PERMITIDO (NBR 10006:2004)
<b>Alumínio Total</b>	0,36mg/L	< 0,05mg/L	0,2 mg/L
Arsênio Total	< 0,005mg/L	< 0,005mg/L	0,01 mg/L
Bário Total	< 0,20mg/L	< 0,20mg/L	0,7 mg/L
Cádmio Total	< 0,001mg/L	< 0,001mg/L	0,005 mg/L
Chumbo Total	< 0,006mg/L	0,018mg/L	0,01 mg/L
Cianeto Total	< 0,018mg/L	< 0,018mg/L	0,07 mg/L
Cobre Total	0,008mg/L	< 0,008mg/L	2 mg/L

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>30/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

ANÁLISE	RESULTADO AMOSTRA 01	RESULTADO AMOSTRA 02	SOLUBILIZADO PERMITIDO (NBR 10006:2004)
Cromo Total	< 0,01mg/L	< 0,01mg/L	0,05 mg/L
<b>Ferro Total</b>	1,30mg/L	< 0,10mg/L	0,03 mg/L
Manganês Total	0,03mg/L	< 0,03mg/L	0,1 mg/L
Mercúrio Total	< 0,001mg/L	< 0,001mg/L	0,001 mg/L
Prata Total	< 0,003mg/L	< 0,003mg/L	0,05 mg/L
Selênio Total	< 0,005mg/L	< 0,005mg/L	0,01 mg/L
Sódio Total	3,73mg/L	0,64mg/L	200 mg/L
Surfactantes	< 0,05mg/L	< 0,05mg/L	0,5 mg/L
Zinco Total	< 0,06mg/L	< 0,06mg/L	5 mg/L

Todos os parâmetros analisados apresentam resultados dentro dos padrões preconizados pela NBR 10004:2004 para lixiviados. Entretanto, os resultados analíticos dos solubilizados mostram que os parâmetros “Alumínio Total” e “Ferro Total” se apresentam fora dos padrões preconizados pela NBR 10004:2004.

## 8.2 CLASSIFICAÇÃO DO REJEITO

Em função dos resultados obtidos na caracterização química do material, mostrada no subitem anterior (8.1), a amostra de rejeito é classificada como Classe II A – Resíduo Não Inerte. Esta classificação é dada a materiais que podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, mas que não estão contaminados por resíduos de processo industrial.

## 8.3 BATIMETRIA

O reservatório possui levantamento topobatimétrico e batimétrico atualizados datados de março de 2020 que podem ser visualizados nos arquivos denominados “TOPOBATIMETRIA BR CMT part 1 - MARÇO 2020” e “TOPOBATIMETRIA BR CMT part 2 - MARÇO 2020”, respectivamente, ambos no formato dwg (Anexos III e IV, respectivamente).

## 9.0 HIDROGRAMA DE RUPTURA

### 9.1 HIPÓTESES DE RUPTURA E MODO DE FALHA

Adotou-se o *piping* como modo de falha para simulação da ruptura hipotética da Barragem BR e o galgamento para as barragens BD-2, BD-5 e BRI. As definições de mobilização volumétrica e parâmetros de brecha para definição do hidrograma de ruptura são apresentadas nos itens que se seguem.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA</b> <b>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>31/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

## 9.2 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DA BRECHA

O hidrograma de ruptura hipotética representa uma distribuição do volume de massa mobilizado no tempo. Essa distribuição temporal do volume é definida pela geometria da seção de controle (brecha) e do vale a jusante, pela energia potencial mobilizada e pela geometria do reservatório.

Pautados em casos reais de ruptura de barragens, os modelos paramétricos constituem-se de regressões matemáticas, usualmente multivariadas, ajustadas a parâmetros geométricos e hidráulicos medidos durante e após a abertura da brecha.

Pela relevância evidenciada na literatura aplicou-se, para definição dos parâmetros de formação da brecha das estruturas em estudo, o modelo paramétrico proposto por Froehlich (2016), que se baseia na análise de dados de 111 eventos de ruptura de barragem.

Os principais parâmetros envolvidos nos modelos paramétricos estão apresentados na Figura 9.1.

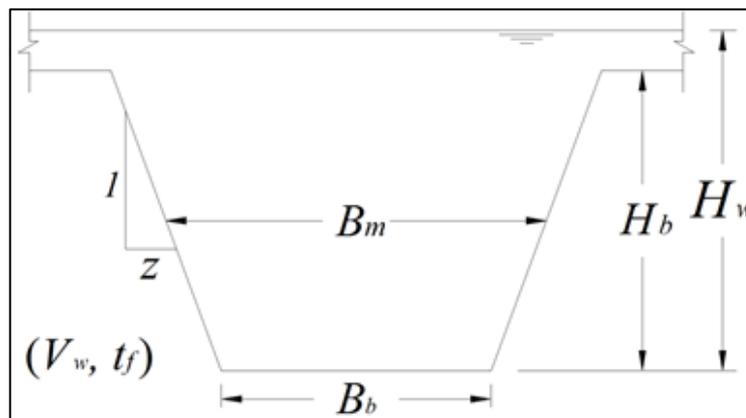


Figura 9.1 - Principais parâmetros de uma brecha típica.

Os parâmetros apresentados na Figura 9.1 referem-se a:

- $V_w$  é a soma do volume de água e rejeitos no instante inicial da ruptura ( $m^3$ );
- $t_f$  é o tempo de formação total da brecha (h);
- $z$  é o coeficiente de declividade lateral (adimensional);
- $B_b$  é a largura da base inferior da brecha (m);
- $B_m$  é a largura média da brecha (m);
- $H_b$  é a altura final da brecha (m);
- $H_w$  é a altura referente ao volume armazenado no reservatório no início da ruptura (m).

As etapas para a definição dos parâmetros apresentados na Figura 9.1, podem ser resumidas da seguinte maneira:

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>32/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

- Definição da altura da brecha ( $H_b$ );
- Definição da altura de material armazenado ( $H_w$ ), fixada nesses estudos com referência na cota da crista das estruturas;
- A partir da definição da altura  $H_w$  estima-se o volume  $V_w$  pela relação estabelecida na curva cota x volume do reservatório;
- Os demais parâmetros referentes à largura da brecha, tempo de formação e declividade são calculados pelas equações que correlacionam a altura da brecha, altura de material armazenado, volume armazenado e modo de falha.

Apresentam-se na sequência as equações paramétricas propostas por Froehlich (2016).

$$B_m = 0,23k_0V_w^{1/3} \quad \text{Equação 9.1}$$

$$t_f = 60,0 \sqrt{\frac{V_w}{gH_b^2}} \quad \text{Equação 9.2}$$

Nas equações apresentadas:

- $k_0$  é o coeficiente de ajuste em função do modo de falha (1,0 para o caso de *piping*, 1,5 para o caso de galgamento).

As equações de Froehlich (2016) apresentaram resultados geométricos coerentes com a geometria das ombreiras do maciço para a estrutura analisada.

Apresentam-se, na Tabela 9.1, os resultados resumidos dos parâmetros estimados para as brechas de ruptura hipotética das estruturas em estudo. Destaca-se que os volumes das brechas nos maciços não foram considerados para definição dos parâmetros.

Tabela 9.1 - Parâmetros das brechas de ruptura hipotética.

Parâmetros	Barragem BR	Barragem BD-2	Barragem BD-5	Barragem BRI
Modo de falha	<i>Piping</i>	Galgamento	Galgamento	Galgamento
Elevação da crista da barragem (m)	1.210,0	1.165,0	1.147,0	1.078,0
Elevação do pé do maciço (m)	1.139,0	1.144,0	1.114,0	1.043,0
Elevação do fundo da brecha (m)	1.160,0	1.146,5	1.115,5	1.043,0
Altura da barragem (m)	71,0	21,0	33,0	35,0
Volume total mobilizado para formação da brecha ( $\times 10^3 \text{ m}^3$ )	49.435,4	2.450,3	8.281,6	18.313,89
Altura da brecha (m)	50,0	18,5	31,5	35,0
Inclinação lateral (H:1V)	0,6	1,0	1,0	1,0

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>33/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Parâmetros	Barragem BR	Barragem BD-2	Barragem BD-5	Barragem BRI
NA no início da ruptura (m)	1.203,9	1.165,1	1.147,1	1.078,1
Carga hidráulica à montante da brecha (m)	43,9	18,6	31,6	35,1
Largura mínima da brecha (m)	54,41	28,01	38,30	55,94
Tempo de formação da brecha (h)	0,75	0,45	0,49	0,65
Elevação de início do <i>piping</i> (m)	1.160,0	-	-	-
Coefficiente de <i>piping</i>	0,8	-	-	-
Modo de progressão	Curva “S” Senoidal	Curva “S” Senoidal	Curva “S” Senoidal	Curva “S” Senoidal

Os parâmetros apresentados na Tabela 9.1 foram utilizados para o desenvolvimento do hidrograma de ruptura apresentado na sequência.

### 9.3 DESENVOLVIMENTO DO HIDROGRAMA DE RUPTURA

Os parâmetros calculados por meio das equações paramétricas permitem a definição das características geométricas finais da brecha e dos tempos de formação que ditarão a taxa de progressão de seu instante inicial até sua plenitude.

Para a definição da progressão da brecha no tempo, adotou-se a relação denominada “Curva S” ou curva senoidal.

O conceito por trás da curva senoidal é o de atribuir, ao crescimento da brecha, intensidades diferentes no tempo. Teoricamente, no início do processo de abertura da brecha, o maciço da barragem fornece maior resistência à erosão e o fenômeno de transporte de sedimentos é menos intenso.

Na medida em que a brecha se desenvolve, seu processo de abertura é intensificado pelo aumento das velocidades do fluxo descarregado por ela, que apresenta alto potencial de carreamento de sólidos. Próximo ao final da ruptura, quando do esvaziamento do reservatório, as velocidades afluentes à brecha são reduzidas, assim como a carga hidráulica sobre ela. Essas reduções desaceleram o processo de abertura, tendendo a um estado de equilíbrio entre as tensões de arraste do escoamento e a resistência do solo.

Dessa forma, durante a abertura da brecha, o reservatório é deplecionado e as vazões constituintes do hidrograma efluente são calculadas, considerando o estrangulamento do escoamento, a carga hidráulica a montante e as dimensões instantâneas da brecha. No âmbito desse trabalho, essa simulação foi realizada pela aplicação da lei de conservação da massa introduzida no modelo de armazenamento incorporado ao programa HEC-HMS (USACE, 2010).

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>34/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

A simulação de deplecionamento do reservatório, realizada por meio da taxa de crescimento associada aos parâmetros de tempo de formação e geometria final da brecha, resultou na formação do hidrograma de ruptura hipotética da Barragem BR (Figura 9.2), que foi utilizado como entrada para a propagação da onda a jusante da estrutura.

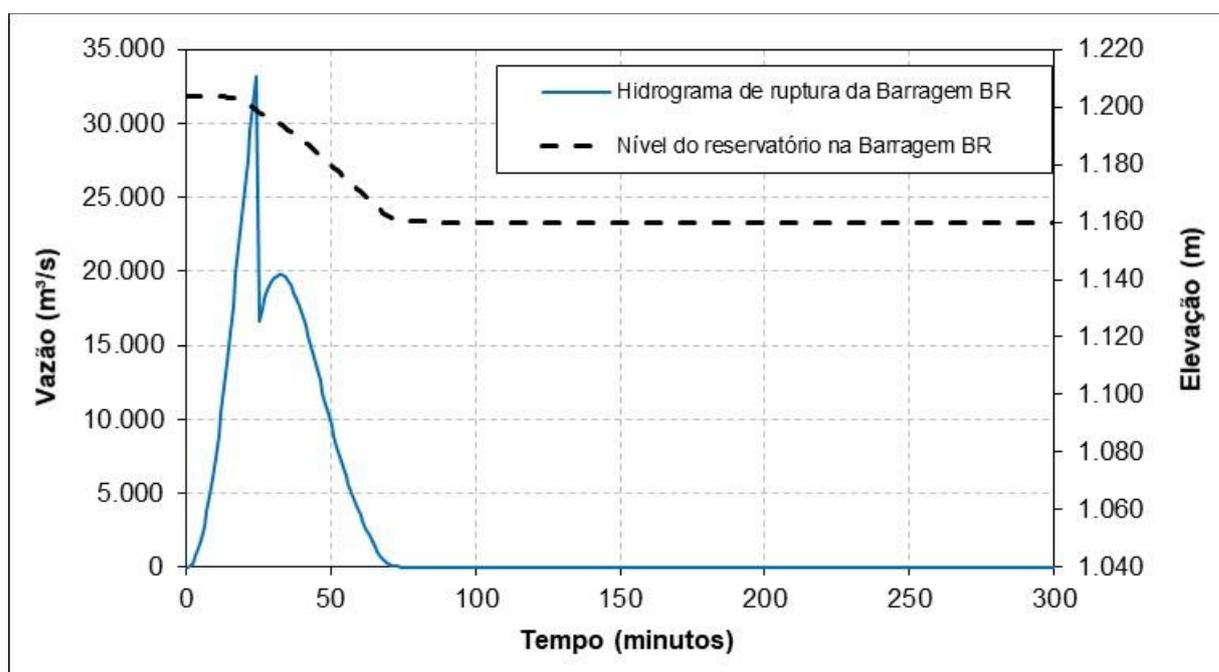


Figura 9.2 - Deplecionamento do reservatório e hidrograma de ruptura da Barragem BR.

Conforme já mencionado, a hipótese de falha por galgamento, devido ao efeito cascata da onda advinda da ruptura da Barragem BR, que invade o reservatório da estrutura, foi adotada para a Barragem BD-2. Como este reservatório está em um braço adjacente ao vale a jusante da Barragem BR, de forma que a entrada do volume advindo da ruptura ocorre de jusante para montante, não foi considerado hidrograma de entrada nesta estrutura, como usualmente aplicado para rupturas em cascata em um mesmo vale. Assim, para composição do hidrograma de ruptura da Barragem BD-2, considerou-se a defasagem de 20 minutos correspondente ao tempo decorrido desde a ruptura da Barragem BR, até que a onda superasse a crista de BD-2 (tempo este verificado em modelagem e simulação paralelas, sem a consideração da ruptura de BD-2), e ambos os hidrogramas (BR e BD-2) foram considerados como condição de entrada para o trecho 01.

Da mesma forma que para a Barragem BR, a simulação de deplecionamento do reservatório, realizada por meio da taxa de crescimento associada aos parâmetros de tempo de formação e geometria final da brecha, resultou na formação do hidrograma de ruptura hipotética da Barragem BD-2 (Figura 9.3), que foi utilizado como entrada para a propagação da onda a jusante da estrutura.

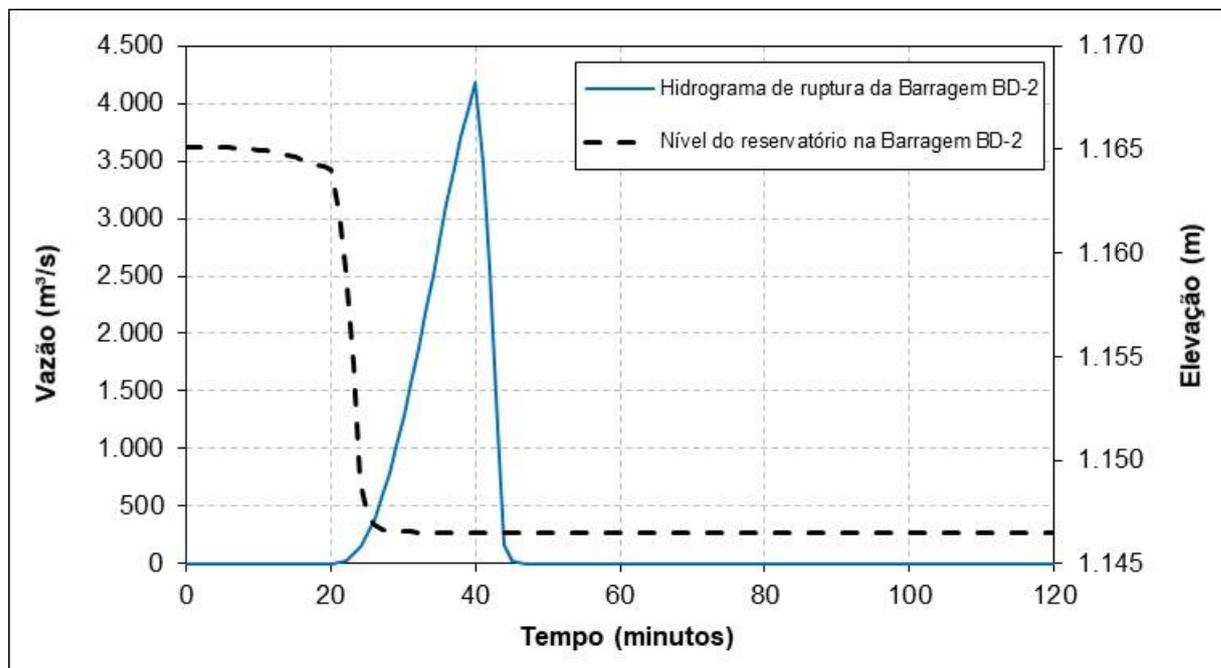


Figura 9.3 - Deplecionamento do reservatório e hidrograma de ruptura da Barragem BD-2.

O hidrograma proveniente da onda de ruptura das barragens BR e BD-2 na S-02, com vazão de pico de 32.520 m<sup>3</sup>/s (atingida aos 24 minutos), foi utilizado como condição de contorno para o desenvolvimento do modelo hidrológico da ruptura da Barragem BD-5, no HEC-HMS.

A simulação de deplecionamento do reservatório, realizada por meio da taxa de crescimento associada aos parâmetros de tempo de formação e geometria final da brecha, resultaram na formação do hidrograma de ruptura hipotética da Barragem BD-5 (Figura 9.4), que foi utilizado como entrada para a propagação da onda a jusante da estrutura, no trecho 02.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA</b> <b>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>36/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

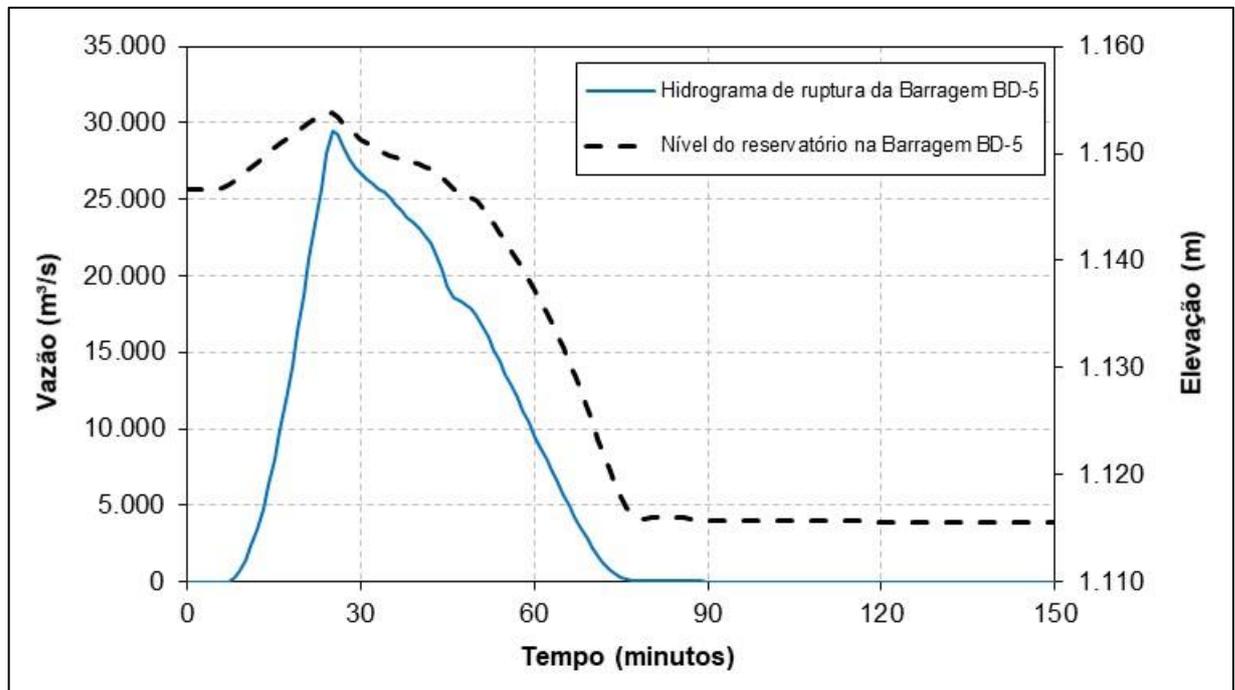


Figura 9.4 - Deplecionamento do reservatório e hidrograma de ruptura da Barragem BD-5.

Da mesma forma, o hidrograma proveniente da onda de ruptura das barragens BR, BD-2 e BD-5 na S-13, com vazão de pico de 24.670 m<sup>3</sup>/s (atingida aos 40 minutos), foi utilizado como condição de contorno para o desenvolvimento do modelo hidrológico da ruptura da Barragem BRI, no HEC-HMS.

A simulação de deplecionamento do reservatório, realizada por meio da taxa de crescimento associada aos parâmetros de tempo de formação e geometria final da brecha, resultaram na formação do hidrograma de ruptura hipotética da Barragem BRI (Figura 9.5), que foi utilizado como entrada para a propagação da onda a jusante da estrutura, no trecho 03.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO  DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO  BARRAGEM BR – TAPIRA  REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC  Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	PÁGINA <b>37/87</b> REV. <b>0</b>

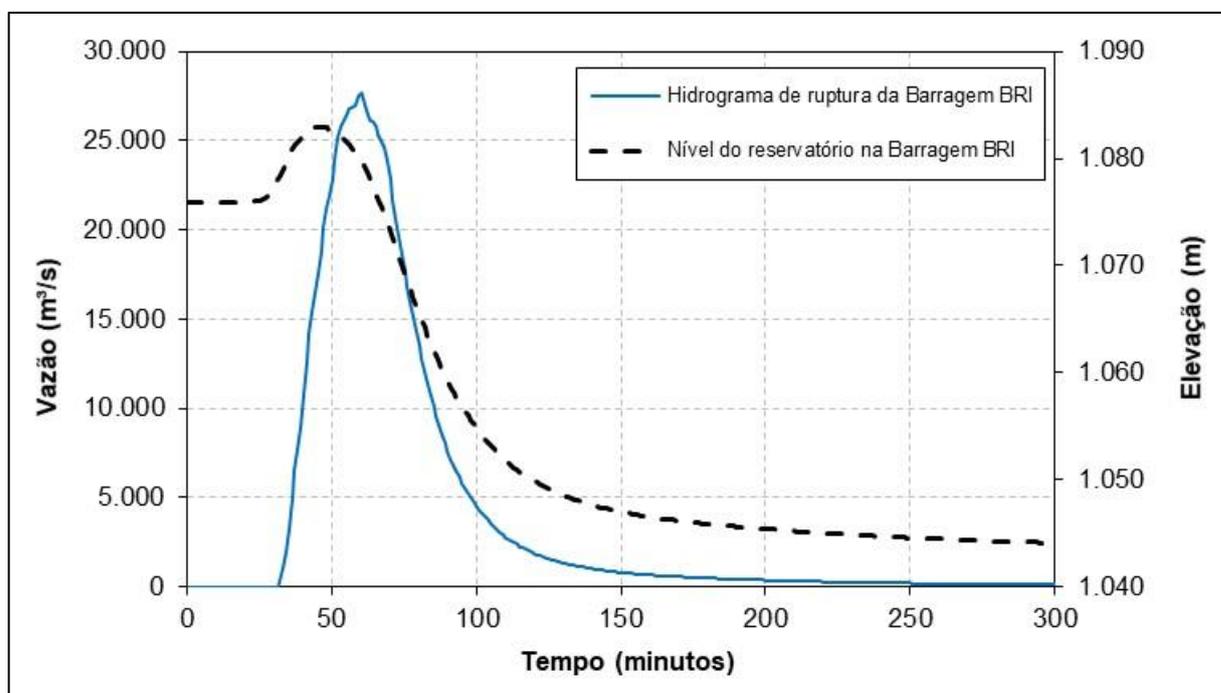


Figura 9.5 - Deplecionamento do reservatório e hidrograma de ruptura da Barragem BRI.

Ressalta-se que os hidrogramas apresentados na Figura 9.4 e na Figura 9.5 referem-se aos hidrogramas compostos para a definição do potencial de dano do cenário de simulação, e, portanto, já incorporam os efeitos de ruptura em cascata.

Conforme citado anteriormente, a simulação foi dividida ainda em um quarto trecho, devido às diferentes bases topográficas utilizadas. Dessa forma, o hidrograma proveniente da última seção de análise do trecho 03 (S-35), com vazão de pico de 1.604 m<sup>3</sup>/s (atingida com 10 horas e 3 minutos), foi utilizado como condição de entrada para o trecho 04.

#### 9.4 VOLUME MOBILIZADO

Para estruturas de contenção de rejeito, muitas vezes apenas parte do material depositado no reservatório é liberado para jusante em caso de ruptura, diferentemente das estruturas de contenção de água, em que o volume armazenado é integralmente mobilizado. Desta forma, para estudos de ruptura hipotética de estruturas de armazenamento de rejeitos, faz-se necessária uma análise para definição da parcela do volume a ser propagada para jusante.

Lucia (1981) desenvolveu uma metodologia baseada no equilíbrio estático para prever a configuração final de um evento de ruptura por fluxo. De acordo com o autor, após desencadeado o fenômeno da liquefação, as forças de contato entre grãos vão se desfazendo e passando para o fluido, que possui apenas resistência viscosa. Durante o fluxo, sempre haverá contato entre os grãos, resultando em resistência residual. No momento em que as forças atuantes se igualam às desenvolvidas pela mobilização da resistência residual, a massa entra em repouso.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>38/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Lucia (1981) desenvolveu estudos de retro análise de casos históricos de quatorze rupturas de barragens de rejeitos, observando que todos os rejeitos liquefeitos saturados continuaram a fluir até que se atingisse taludes de 1° a 4°.

Dessa forma, para a Barragem BR, 100% do maciço (com exceção do Dique de Partida) e 100% do volume contido no reservatório, acima da praia formada, considerando o ângulo de repouso dos rejeitos em sua estabilização pós-ruptura igual a 1°, a partir da cota da crista do dique de partida (1.160,0 m), para montante do reservatório, foram mobilizados. Estes volumes estão apresentados e discretizados na Tabela 10.3.

Essa consideração se deu basicamente em função do modo de falha admitido e dos aspectos geotécnicos do maciço, apresentados anteriormente nos itens 5.0 e 6.0, respectivamente. Considerou-se o nível de água, no momento da ruptura, no N.A. Máx. *Maximorum* da Barragem BR (EL.1.203,9 m) referente à ocorrência de um evento pluviométrico com tempo de retorno de 10.000 anos em sua bacia de contribuição. A ocupação por rejeitos adotada foi a apresentada no plano de disposição de rejeitos do Projeto Detalhado da Barragem BR na EL. 1.210 m (DF19-263-1-EG-DWG-0003), elaborado pela DF+ em 2020.

Considerou-se ainda a mobilização do volume da brecha de ruptura formada no maciço da Barragem BR.

O croqui esquemático da Figura 9.6 ilustra, em seção transversal, a parcela deslocada para a Barragem BR.

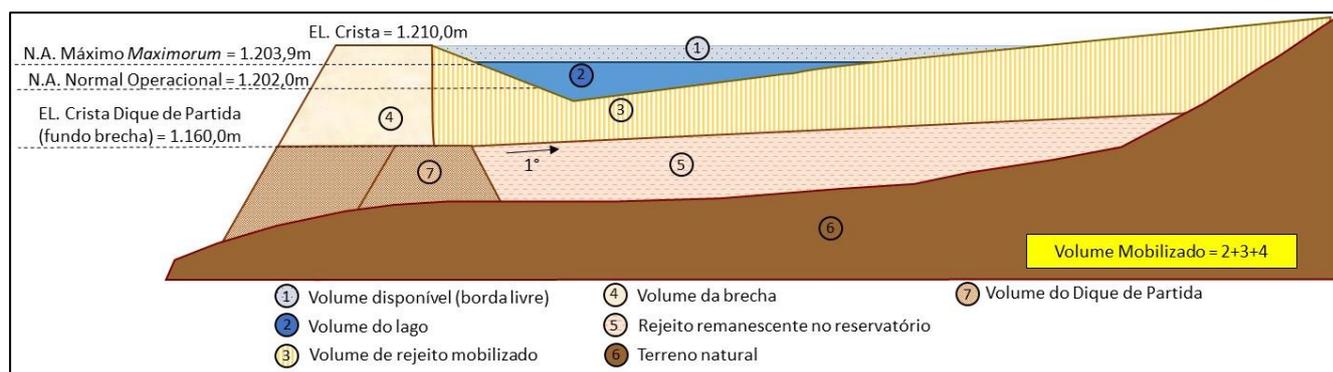


Figura 9.6 – Esquema representativo do volume mobilizado na ruptura da Barragem BR.

Apresenta-se, na sequência (Tabela 9.2 e Figura 9.7), a curva cota x volume adotada para a estimativa do hidrograma de ruptura da Barragem BR, conforme considerações supracitadas. Ressalta-se que, para modelagem, o volume emerso foi somado linearmente aos volumes das cotas superiores da barragem. Em destaque estão apresentados o NA máximo *Maximorum* e a crista da barragem.

Tabela 9.2 – Curva cota x volume – Volume **mobilizado** – Ruptura hipotética Barragem BR.

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)				Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)			
	Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado		Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado
1.160,0	0	0	0	0	1.195,5	24.029,404	0	242,738	24.272,142
1.160,5	0	0	3,763	3,763	1.196,0	25.041,704	0	245,067	25.286,772
1.161,0	2,965	0	7,551	10,516	1.196,5	26.088,278	0	247,362	26.335,641
1.161,5	7,863	0	11,352	19,215	1.197,0	27.167,383	0	249,622	27.417,005
1.162,0	15,496	0	15,165	30,661	1.197,5	28.278,761	0	251,845	28.530,606
1.162,5	25,900	0	18,991	44,891	1.198,0	29.422,712	0	254,033	29.676,745
1.163,0	39,237	0	22,828	62,065	1.198,1	29.657,996	0	254,463	29.912,459
1.163,5	55,721	0	26,675	82,397	1.198,2	29.893,278	0,005	254,893	30.148,176
1.164,0	75,467	0	30,533	106,000	1.198,5	30.599,416	0,337	256,183	30.855,936
1.164,5	98,649	0	34,400	133,049	1.199,0	31.806,900	3,049	258,296	32.068,245
1.165,0	125,665	0	38,276	163,941	1.199,5	33.042,404	10,862	260,370	33.313,636
1.165,5	156,987	0	42,161	199,148	1.200,0	34.296,112	33,458	262,406	34.591,976
1.166,0	193,132	0	46,053	239,185	1.200,5	35.558,420	80,568	264,134	35.903,122
1.166,5	234,663	0	49,953	284,616	1.201,0	36.823,008	157,862	265,762	37.246,632
1.167,0	282,148	0	53,858	336,007	1.201,5	38.082,136	272,800	267,347	38.622,283
1.167,5	336,144	0	57,770	393,914	1.202,0	39.333,960	426,469	268,889	40.029,318
1.168,0	397,432	0	61,687	459,119	1.202,5	40.521,664	674,554	270,388	41.466,606
1.168,5	467,012	0	65,609	532,621	1.203,0	41.578,808	1.083,166	271,842	42.933,816
1.169,0	545,589	0	69,535	615,125	1.203,5	42.517,072	1.638,721	273,251	44.429,044
1.169,5	633,814	0	73,465	707,279	1.203,9	43.175,028	2.186,355	274,342	45.635,725
1.170,0	732,349	0	77,397	809,747	1.204,0	43.339,468	-	274,615	45.800,437
1.170,5	840,793	0	81,158	921,951	1.204,5	44.059,868	-	275,932	46.522,155
1.171,0	958,597	0	84,881	1.043,478	1.205,0	44.663,876	-	277,203	47.127,434
1.171,5	1.085,665	0	88,602	1.174,267	1.205,5	45.098,504	-	278,426	47.563,285
1.172,0	1.221,663	0	92,323	1.313,985	1.206,0	45.397,484	-	279,602	47.863,441
1.172,5	1.366,390	0	96,041	1.462,431	1.206,5	45.585,808	-	280,729	48.052,892
1.173,0	1.519,745	0	99,757	1.619,502	1.207,0	45.733,812	-	281,807	48.201,974
1.173,5	1.681,869	0	103,470	1.785,339	1.208,0	46.005,044	-	283,813	48.475,212
1.174,0	1.852,877	0	107,179	1.960,055	1.208,5	46.128,324	-	284,740	48.599,418
1.174,5	2.032,822	0	110,883	2.143,705	1.209,0	46.243,648	-	285,615	48.715,618
1.175,0	2.221,912	0	114,582	2.336,495	1.209,5	46.350,084	-	286,438	48.822,877
1.175,5	2.420,529	0	118,276	2.538,805	1.210,0	46.447,408	-	287,147	48.920,909
1.176,0	2.629,048	0	121,964	2.751,012	1.210,5	46.534,860	-	-	49.008,361

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)				Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)			
	Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado		Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado
1.176,5	2.847,743	0	125,645	2.973,388	1.211,0	46.615,596	-	-	49.089,097
1.177,0	3.076,907	0	129,319	3.206,226	1.211,5	46.690,800	-	-	49.164,301
1.177,5	3.317,033	0	132,984	3.450,017	1.212,0	46.761,620	-	-	49.235,121
1.178,0	3.568,631	0	136,641	3.705,272	1.212,5	46.828,616	-	-	49.302,117
1.178,5	3.832,460	0	140,289	3.972,749	1.213,0	46.891,892	-	-	49.365,393
1.179,0	4.109,465	0	143,927	4.253,392	1.213,5	46.951,364	-	-	49.424,865
1.179,5	4.400,740	0	147,555	4.548,295	1.214,0	47.007,148	-	-	49.480,649
1.180,0	4.707,630	0	151,171	4.858,801	1.214,5	47.059,644	-	-	49.533,145
1.180,5	5.032,042	0	154,571	5.186,613	1.215,0	47.109,564	-	-	49.583,065
1.181,0	5.373,911	0	157,912	5.531,823	1.215,5	47.150,524	-	-	49.624,025
1.181,5	5.732,448	0	161,238	5.893,686	1.216,0	47.183,160	-	-	49.656,661
1.182,0	6.107,939	0	164,549	6.272,488	1.216,5	47.207,016	-	-	49.680,517
1.182,5	6.500,881	0	167,843	6.668,724	1.217,0	47.222,120	-	-	49.695,621
1.183,0	6.911,790	0	171,122	7.082,912	1.217,5	47.232,516	-	-	49.706,017
1.183,5	7.341,193	0	174,383	7.515,576	1.218,0	47.239,540	-	-	49.713,041
1.184,0	7.789,613	0	177,626	7.967,239	1.218,5	47.244,052	-	-	49.717,553
1.184,5	8.257,694	0	180,852	8.438,545	1.219,0	47.246,424	-	-	49.719,925
1.185,0	8.746,284	0	184,058	8.930,342	1.219,5	47.247,368	-	-	49.720,869
1.185,5	9.256,233	0	187,245	9.443,478	1.220,0	47.247,640	-	-	49.721,141
1.186,0	9.787,548	0	190,412	9.977,960	1.220,5	47.247,744	-	-	49.721,245
1.186,5	10.339,421	0	193,558	10.532,979	1.221,0	47.247,840	-	-	49.721,341
1.187,0	10.911,572	0	196,683	11.108,254	1.221,5	47.247,936	-	-	49.721,437
1.187,5	11.504,010	0	199,785	11.703,796	1.222,0	47.248,028	-	-	49.721,529
1.188,0	12.116,965	0	202,866	12.319,831	1.222,5	47.248,120	-	-	49.721,621
1.188,5	12.750,671	0	205,923	12.956,594	1.223,0	47.248,208	-	-	49.721,709
1.189,0	13.405,310	0	208,957	13.614,267	1.223,5	47.248,292	-	-	49.721,793
1.189,5	14.081,162	0	211,966	14.293,128	1.224,0	47.248,376	-	-	49.721,877
1.190,0	14.778,532	0	214,950	14.993,482	1.224,5	47.248,456	-	-	49.721,957
1.190,5	15.497,745	0	217,673	15.715,418	1.225,0	47.248,532	-	-	49.722,033
1.191,0	16.239,285	0	220,315	16.459,600	1.225,5	47.248,608	-	-	49.722,109
1.191,5	17.003,719	0	222,929	17.226,648	1.226,0	47.248,680	-	-	49.722,181
1.192,0	17.791,567	0	225,514	18.017,080	1.226,5	47.248,748	-	-	49.722,249
1.192,5	18.603,449	0	228,068	18.831,518	1.227,0	47.248,816	-	-	49.722,317
1.193,0	19.440,163	0	230,593	19.670,756	1.227,5	47.248,880	-	-	49.722,381

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
		ESTUDO <b>BARRAGEM BR – TAPIRA</b> REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO	Nº MOSAIC  Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)				Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)			
	Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado		Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado
1.193,5	20.302,494	0	233,086	20.535,580	1.228,0	47.248,940	-	-	49.722,441
1.194,0	21.191,124	0	235,548	21.426,672	1.228,5	47.249,000	-	-	49.722,501
1.194,5	22.107,052	0	237,978	22.345,030	1.229,0	47.249,056	-	-	49.722,557
1.195,0	23.051,635	0	240,375	23.292,010					

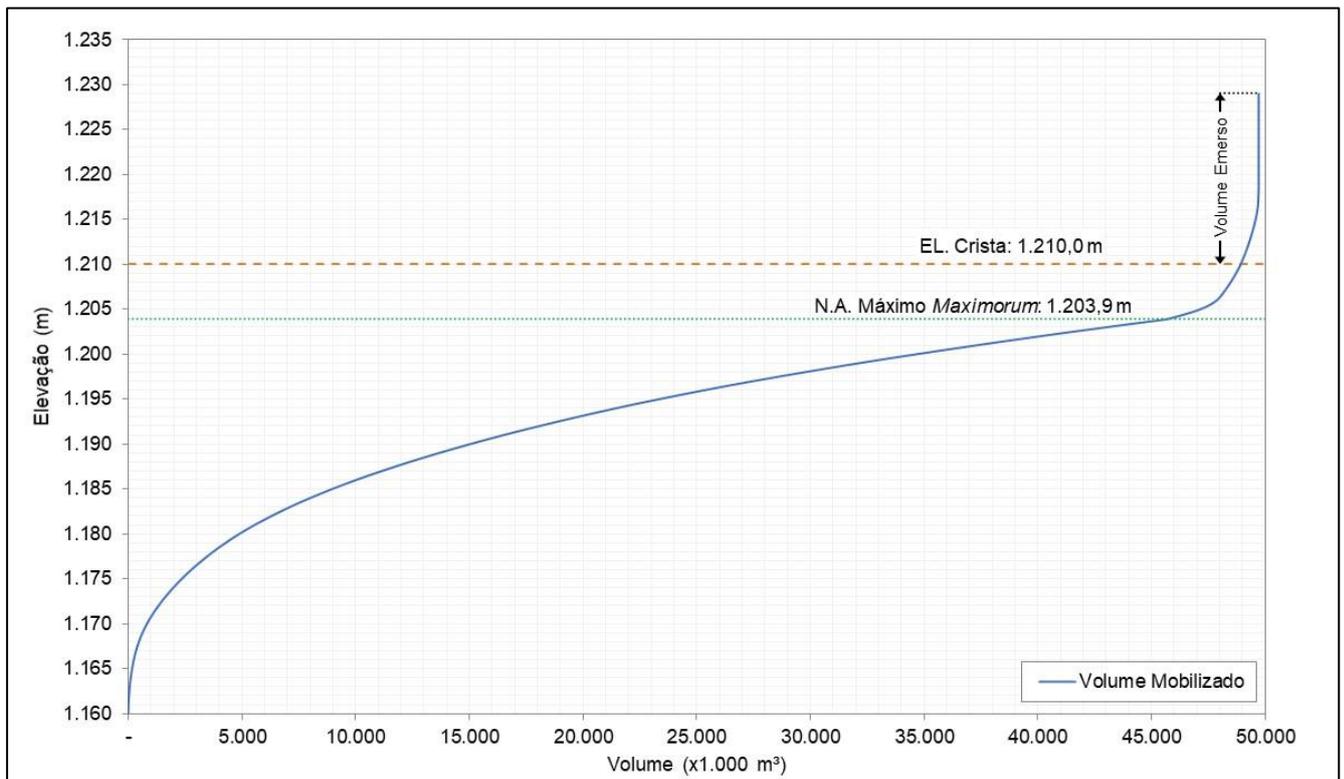


Figura 9.7 - Curva cota x volume – Volume **mobilizado** – Ruptura hipotética Barragem BR.

Para a Barragem BD-2, em função da proximidade com o maciço da Barragem BR e da quantidade de massa e energia provenientes da ruptura dessa estrutura, considerou-se a mobilização de 100% do volume do reservatório, juntamente ao volume da brecha de ruptura formada no maciço.

O croqui esquemático da Figura 9.8 ilustra, em seção transversal, a parcela deslocada para a Barragem BD-2.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
		<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>	Nº MOSAIC  Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001

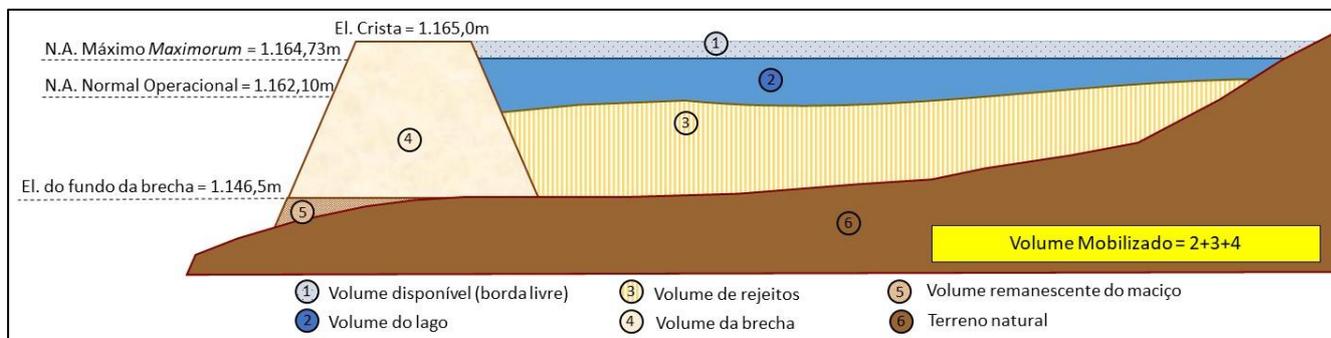


Figura 9.8 – Esquema representativo do volume mobilizado na ruptura da Barragem BD-2.

Apresenta-se, na sequência (Tabela 9.3 e Figura 9.9), a curva cota-volume adotada para a estimativa do hidrograma de ruptura da Barragem BD-2.

Como não foi fornecida topografia primitiva pela Mosaic, foi feita a reconstituição com base na topografia atual da estrutura e nos talwegues naturais nas proximidades da mesma.

Dessa forma, mobilizou-se 100% do volume de sedimentos (considerado conforme levantamento CURVAS DE NIVEL CMT - 09JULHO2020.dwg, disponibilizado pela Mosaic em 2020) e 100% do volume de água no reservatório até a cota do N.A. Máx. *Maximorum* (1.164,73 m - TR 10.000 anos), além do volume da brecha de ruptura formada no maciço. Ressalta-se que, para modelagem, o volume emerso foi somado linearmente aos volumes das cotas superiores da barragem. Em destaque estão apresentados o NA máximo *Maximorum* e a crista da barragem.

Tabela 9.3 – Curva cota x volume – Volume **mobilizado** – Ruptura hipotética Barragem BD-2.

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)				Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)			
	Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado		Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado
1.146,5	0,00	0,00	0,00	0,00	1.172,5	1.331,02	-	-	1.392,65
1.147,0	0,04	0,00	1,02	1,06	1.173,0	1.382,33	-	-	1.443,97
1.147,5	0,14	0,00	1,94	2,08	1.173,5	1.434,70	-	-	1.496,33
1.148,0	0,32	0,00	2,88	3,20	1.174,0	1.489,00	-	-	1.550,63
1.148,5	0,62	0,00	3,83	4,46	1.174,5	1.539,92	-	-	1.601,55
1.149,0	1,06	0,00	4,81	5,87	1.175,0	1.588,97	-	-	1.650,61
1.149,5	1,66	0,00	5,80	7,45	1.175,5	1.636,99	-	-	1.698,63
1.150,0	2,43	0,00	6,80	9,24	1.176,0	1.686,62	-	-	1.748,25
1.150,5	3,41	0,00	7,82	11,23	1.176,5	1.737,67	-	-	1.799,31
1.151,0	4,61	0,00	8,85	13,46	1.177,0	1.789,50	-	-	1.851,14
1.151,5	6,04	0,00	9,89	15,93	1.177,5	1.838,57	-	-	1.900,20
1.152,0	7,72	0,00	10,95	18,67	1.178,0	1.885,27	-	-	1.946,90

**ESTUDO  
BARRAGEM BR – TAPIRA  
REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

Nº DF+

REV.

DF20-162-1-EG-RTE-0001

**43/87**
**0**

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)				Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)			
	Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado		Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado
1.152,5	9,67	0,00	12,01	21,69	1.178,5	1.918,95	-	-	1.980,59
1.153,0	11,92	0,00	13,08	25,01	1.179,0	1.944,03	-	-	2.005,66
1.153,5	14,50	0,00	14,17	28,66	1.179,5	1.961,33	-	-	2.022,97
1.154,0	17,45	0,00	15,25	32,71	1.180,0	1.976,97	-	-	2.038,60
1.154,5	20,95	0,00	16,35	37,30	1.180,5	1.990,45	-	-	2.052,09
1.155,0	25,33	0,00	17,45	42,78	1.181,0	2.003,56	-	-	2.065,20
1.155,5	30,98	0,00	18,19	49,17	1.181,5	2.014,50	-	-	2.076,14
1.156,0	38,04	0,00	18,83	56,87	1.182,0	2.025,72	-	-	2.087,36
1.156,5	46,58	0,00	19,44	66,03	1.182,5	2.037,38	-	-	2.099,02
1.157,0	56,71	0,00	20,05	76,76	1.183,0	2.049,41	-	-	2.111,05
1.157,5	68,61	0,00	20,64	89,25	1.183,5	2.061,21	-	-	2.122,85
1.158,0	82,75	0,00	21,23	103,98	1.184,0	2.073,05	-	-	2.134,69
1.158,5	99,61	0,00	21,81	121,42	1.184,5	2.084,96	-	-	2.146,60
1.159,0	119,36	0,00	22,37	141,74	1.185,0	2.097,21	-	-	2.158,85
1.159,5	142,11	0,00	22,93	165,04	1.185,5	2.110,05	-	-	2.171,68
1.160,0	168,35	0,00	23,47	191,82	1.186,0	2.123,18	-	-	2.184,82
1.160,5	198,74	0,00	23,99	222,73	1.186,5	2.133,67	-	-	2.195,31
1.161,0	233,46	0,00	24,50	257,97	1.187,0	2.143,22	-	-	2.204,86
1.161,5	272,60	0,00	25,00	297,60	1.187,5	2.152,56	-	-	2.214,19
1.162,0	316,22	0,00	25,48	341,70	1.188,0	2.162,10	-	-	2.223,74
1.162,1	325,84	0,01	25,57	351,42	1.188,5	2.170,85	-	-	2.232,49
1.162,5	364,34	0,06	25,94	390,34	1.189,0	2.179,14	-	-	2.240,77
1.163,0	416,97	0,21	26,38	443,56	1.189,5	2.186,88	-	-	2.248,52
1.163,5	471,89	2,75	26,80	501,45	1.190,0	2.194,16	-	-	2.255,80
1.164,0	526,77	10,23	27,21	564,21	1.190,5	2.201,13	-	-	2.262,76
1.164,5	578,42	26,00	27,43	631,84	1.191,0	2.207,92	-	-	2.269,56
1.164,73	601,30	35,51	27,46	664,27	1.191,5	2.213,44	-	-	2.275,07
1.165,0	628,18	-	27,50	689,82	1.192,0	2.217,77	-	-	2.279,41
1.165,5	673,18	-	-	734,81	1.192,5	2.221,02	-	-	2.282,66
1.166,0	718,97	-	-	780,61	1.193,0	2.223,56	-	-	2.285,20
1.166,5	764,69	-	-	826,33	1.193,5	2.225,00	-	-	2.286,64
1.167,0	812,00	-	-	873,64	1.194,0	2.225,65	-	-	2.287,29
1.167,5	859,46	-	-	921,10	1.194,5	2.225,90	-	-	2.287,54
1.168,0	907,68	-	-	969,32	1.195,0	2.226,04	-	-	2.287,68

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)				Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)			
	Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado		Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado
1.168,5	950,41	-	-	1.012,05	1.195,5	2.226,12	-	-	2.287,76
1.169,0	993,64	-	-	1.055,28	1.196,0	2.226,16	-	-	2.287,80
1.169,5	1.037,85	-	-	1.099,49	1.196,5	2.226,19	-	-	2.287,82
1.170,0	1.083,93	-	-	1.145,57	1.197,0	2.226,21	-	-	2.287,85
1.170,5	1.130,83	-	-	1.192,47	1.197,5	2.226,23	-	-	2.287,87
1.171,0	1.178,72	-	-	1.240,36	1.198,0	2.226,26	-	-	2.287,89
1.171,5	1.228,27	-	-	1.289,91	1.198,5	2.226,28	-	-	2.287,91
1.172,0	1.281,65	-	-	1.343,29					

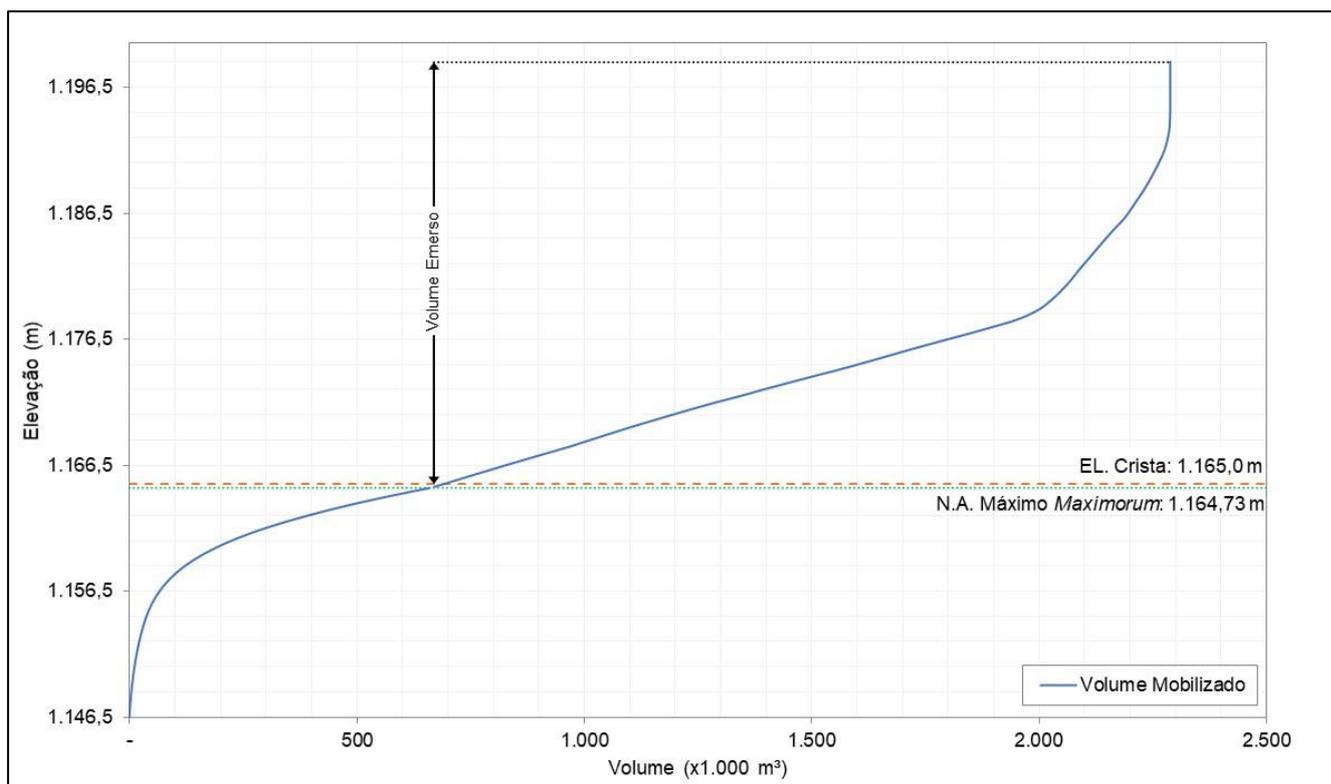


Figura 9.9 - Curva cota x volume – Volume **mobilizado** – Ruptura hipotética Barragem BD-2.

Para a Barragem BD-5, em função da proximidade com os maciços das barragens BR e BD-2 e da quantidade de massa e energia provenientes da ruptura dessas estruturas, considerou-se também a mobilização de 100% do volume do reservatório, juntamente ao volume da brecha de ruptura formada no maciço.

O croqui esquemático da Figura 9.10 ilustra, em seção transversal, a parcela deslocada para a Barragem BD-5.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
		<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA</b> <b>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>	Nº MOSAIC  Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001

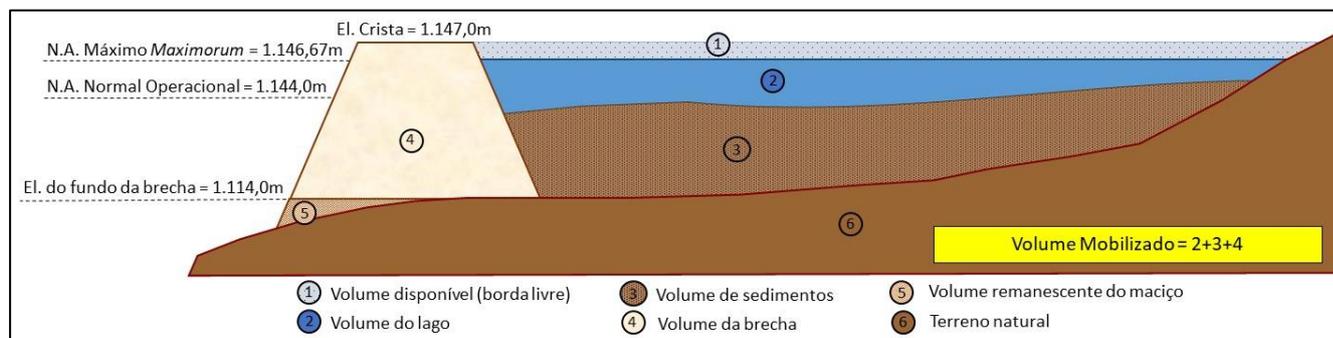


Figura 9.10 – Esquema representativo do volume mobilizado na ruptura da Barragem BD-5.

Apresenta-se, na sequência (Tabela 9.4 e Figura 9.11), a curva cota-volume adotada para a estimativa do hidrograma de ruptura da Barragem BD-5.

Como não foi fornecida topografia primitiva pela Mosaic, foi feita a reconstituição com base na topografia atual da estrutura e nos talwegues naturais nas proximidades da mesma.

Dessa forma, mobilizou-se 100% do volume de sedimentos (considerado conforme levantamento CURVAS DE NIVEL CMT - 09JULHO2020.dwg, disponibilizado pela Mosaic em 2020) e 100% do volume de água no reservatório até a cota do N.A. Máx. *Maximorum* (1.146,67 m - TR 10.000 anos), além do volume da brecha de ruptura formada no maciço. Ressalta-se que, para modelagem, o volume emerso foi somado linearmente aos volumes das cotas superiores da barragem. Em destaque estão apresentados o NA máximo *Maximorum* e a crista da barragem.

Tabela 9.4 – Curva cota x volume – Volume **mobilizado** – Ruptura hipotética Barragem BD-5.

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)				Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)			
	Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado		Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado
1.115,5	0,00	0,00	0,00	0,00	1.140,5	3.672,66	131,95	65,63	3.870,23
1.116,0	0,28	0,00	1,00	1,28	1.141,0	3.866,39	161,89	66,56	4.094,84
1.116,5	1,16	0,00	2,00	3,16	1.141,5	4.065,50	195,33	67,44	4.328,27
1.117,0	3,08	0,00	3,00	6,08	1.142,0	4.269,69	232,71	68,33	4.570,72
1.117,5	6,33	0,00	4,52	10,84	1.142,5	4.475,46	277,58	69,17	4.822,20
1.118,0	10,84	0,00	6,03	16,87	1.143,0	4.683,11	329,74	70,01	5.082,85
1.118,5	16,57	0,00	7,55	24,12	1.143,5	4.892,82	389,10	70,79	5.352,72
1.119,0	23,50	0,00	9,07	32,57	1.144,0	5.104,52	455,71	71,58	5.631,81
1.119,5	31,67	0,00	10,60	42,27	1.144,5	5.314,47	533,37	72,31	5.920,15
1.120,0	41,31	0,00	12,13	53,44	1.145,0	5.522,97	622,31	73,04	6.218,31
1.120,5	52,71	0,00	13,66	66,37	1.145,5	5.719,63	736,57	73,63	6.529,82

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)				Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)			
	Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado		Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado
1.121,0	66,17	0,00	15,20	81,37	1.146,0	5.900,97	878,45	74,22	6.853,64
1.121,5	81,90	0,00	16,74	98,64	1.146,5	6.063,35	1.051,56	74,58	7.189,49
1.122,0	99,98	0,00	18,29	118,27	1.146,67	6.114,80	1.115,53	74,70	7.305,03
1.122,5	120,52	0,00	19,82	140,34	1.147,0	6.214,64	-	74,94	7.426,37
1.123,0	143,66	0,00	21,35	165,02	1.147,5	6.347,60	-	-	7.559,32
1.123,5	169,47	0,00	22,84	192,31	1.148,0	6.465,97	-	-	7.677,69
1.124,0	198,03	0,00	24,33	222,36	1.148,5	6.564,14	-	-	7.775,86
1.124,5	229,45	0,00	25,77	255,22	1.149,0	6.634,65	-	-	7.846,37
1.125,0	263,90	0,00	27,21	291,11	1.149,5	6.665,95	-	-	7.877,67
1.125,5	301,60	0,00	28,65	330,25	1.150,0	6.679,22	-	-	7.890,94
1.126,0	342,78	0,00	30,08	372,86	1.150,5	6.683,97	-	-	7.895,69
1.126,5	387,71	0,00	31,51	419,22	1.151,0	6.688,24	-	-	7.899,96
1.127,0	436,65	0,00	32,94	469,58	1.151,5	6.692,71	-	-	7.904,43
1.127,5	489,73	0,00	34,36	524,09	1.152,0	6.697,76	-	-	7.909,49
1.128,0	547,12	0,00	35,79	582,90	1.152,5	6.703,51	-	-	7.915,23
1.128,5	608,96	0,00	37,20	646,16	1.153,0	6.710,05	-	-	7.921,78
1.129,0	675,40	0,00	38,62	714,02	1.153,5	6.717,48	-	-	7.929,20
1.129,5	746,57	0,00	40,02	786,59	1.154,0	6.725,85	-	-	7.937,58
1.130,0	822,60	0,00	41,42	864,02	1.154,5	6.735,26	-	-	7.946,98
1.130,5	903,60	0,00	42,80	946,40	1.155,0	6.745,75	-	-	7.957,47
1.131,0	989,68	0,00	44,18	1.033,86	1.155,5	6.757,41	-	-	7.969,13
1.131,5	1.080,96	0,00	45,55	1.126,51	1.156,0	6.770,30	-	-	7.982,03
1.132,0	1.177,57	0,00	46,91	1.224,48	1.156,5	6.784,50	-	-	7.996,22
1.132,5	1.279,63	0,00	48,25	1.327,88	1.157,0	6.800,06	-	-	8.011,78
1.133,0	1.387,32	0,00	49,59	1.436,91	1.157,5	6.816,92	-	-	8.028,65
1.133,5	1.500,82	0,00	50,82	1.551,65	1.158,0	6.834,99	-	-	8.046,71
1.134,0	1.620,33	0,00	52,06	1.672,39	1.158,5	6.852,53	-	-	8.064,25
1.134,5	1.746,03	0,00	53,19	1.799,21	1.159,0	6.870,24	-	-	8.081,96
1.135,0	1.878,07	0,00	54,31	1.932,39	1.159,5	6.884,34	-	-	8.096,06
1.135,1	1.905,46	0,23	54,54	1.960,23	1.160,0	6.893,55	-	-	8.105,27
1.135,5	2.015,06	1,58	55,42	2.072,06	1.160,5	6.895,12	-	-	8.106,85
1.136,0	2.157,47	4,43	56,52	2.218,43	1.161,0	6.895,75	-	-	8.107,47
1.136,1	2.187,04	5,17	56,74	2.248,94	1.161,5	6.895,81	-	-	8.107,53
1.136,5	2.305,36	8,69	57,59	2.371,64	1.162,0	6.895,87	-	-	8.107,59

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)				Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1000 m³)			
	Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado		Rejeito	Água	Brecha	Total Mobilizado
1.137,0	2.458,19	15,13	58,67	2.531,98	1.162,5	6.895,93	-	-	8.107,65
1.137,5	2.615,92	23,91	59,71	2.699,54	1.163,0	6.895,98	-	-	8.107,70
1.138,0	2.779,21	34,62	60,75	2.874,58	1.163,5	6.896,03	-	-	8.107,75
1.138,5	2.948,18	47,41	61,76	3.057,34	1.164,0	6.896,08	-	-	8.107,80
1.139,0	3.122,18	63,13	62,76	3.248,08	1.164,5	6.896,12	-	-	8.107,84
1.139,5	3.300,81	82,47	63,73	3.447,01	1.165,0	6.896,16	-	-	8.107,88
1.140,0	3.484,22	105,43	64,70	3.654,35	1.165,5	6.896,19	-	-	8.107,92

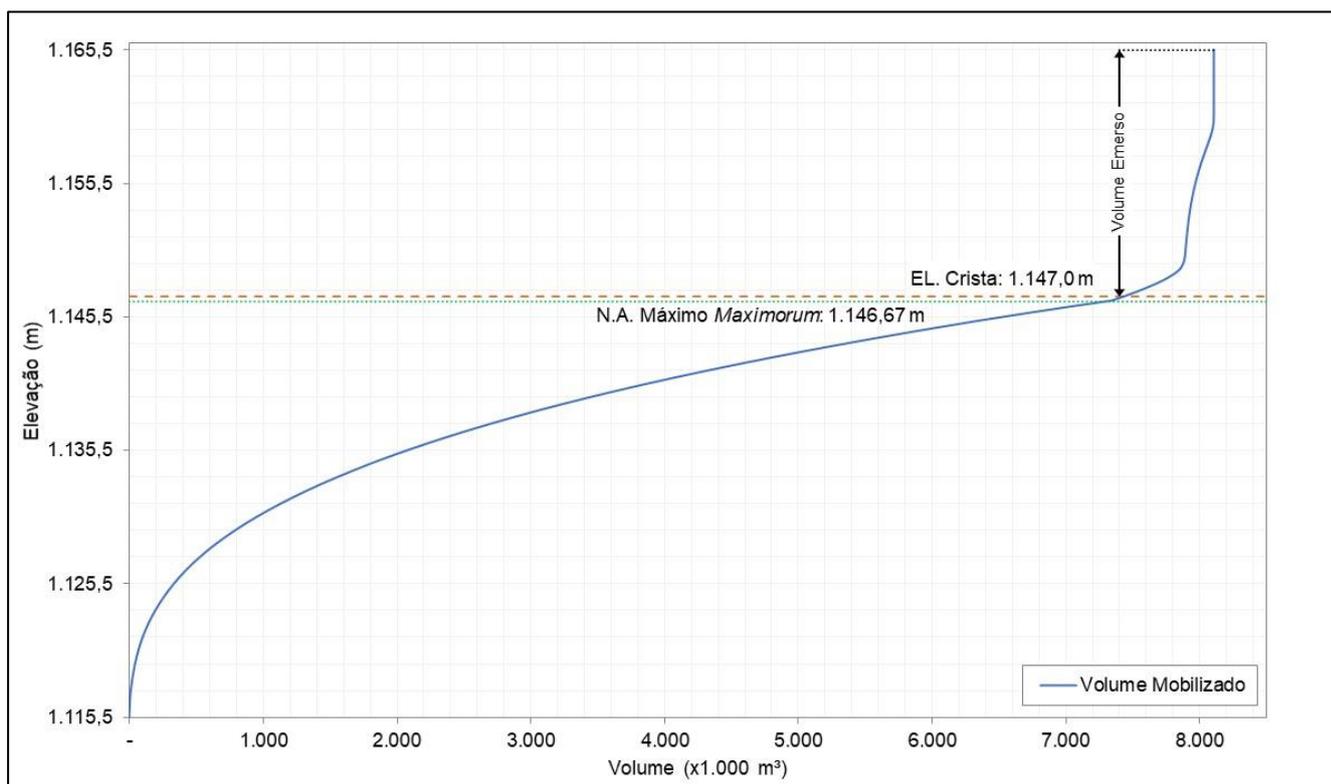


Figura 9.11 - Curva cota x volume – Volume **mobilizado** – Ruptura hipotética Barragem BD-5.

Para a Barragem BRI, considerou-se a mobilização de 100% do volume de água no reservatório até a cota do N.A. Máx. *Maximorum* e 35,4% (RICO, 2007) do volume de sedimentos, juntamente com o volume da brecha de ruptura formada no maciço.

O croqui esquemático da Figura 9.12 ilustra, em seção transversal, a parcela deslocada para a Barragem BRI.

		<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
		<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA</b> <b>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>	Nº MOSAIC  Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001

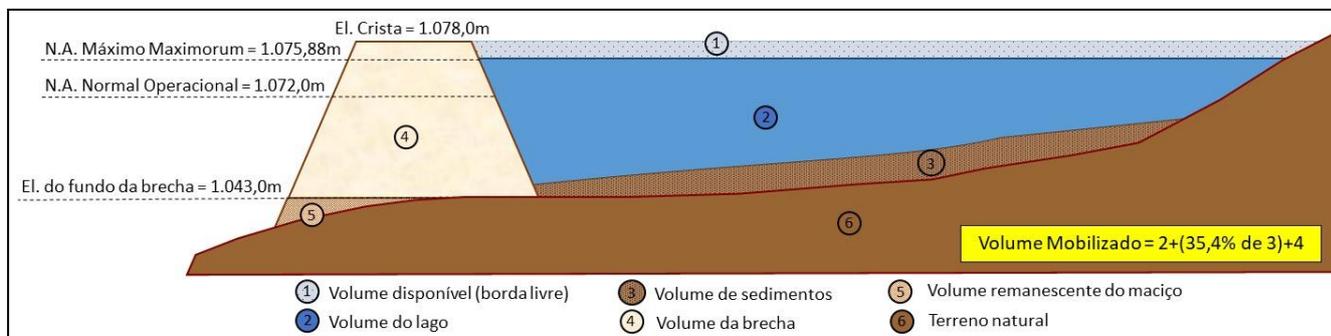


Figura 9.12 – Esquema representativo do volume mobilizado na ruptura da Barragem BRI.

Apresenta-se, na sequência (Figura 9.13 e Tabela 9.5), a curva cota-volume adotada para a estimativa do hidrograma de ruptura da Barragem BRI.

Para a Barragem BRI, como não foi fornecida topografia primitiva pela Mosaic para aferição do volume total do reservatório, foi utilizado o volume de projeto de 30.000.000 m<sup>3</sup>, conforme relatório de Auditoria Técnica de Segurança (MOFZ.AT-LT-FTP-104-01.18), elaborado pela Tractebel em outubro de 2018. O arranjo geral do projeto de *As Is* elaborado pela WALM em abril de 2019 (documento WBH122-17-MOSC041-DES-0025), foi utilizado para estimativa do volume de sedimentos devido ao assoreamento do reservatório, considerado como a diferença entre o volume de projeto e o volume da batimetria apresentada.

Dessa forma, mobilizou-se 100% do volume de água no reservatório até a cota do N.A. Máx. *Maximorum* e 35,4% (RICO, 2007) do volume de sedimentos, distribuído linearmente entre as cotas de fundo (1.043 m) e de crista (1.078 m), além do volume da brecha de ruptura formada no maciço. Em destaque estão apresentados o NA máximo *Maximorum* e a crista da barragem.

Tabela 9.5 – Curva cota x volume – Volume **mobilizado** – Ruptura hipotética Barragem BRI.

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1.000 m <sup>3</sup> )			
	Água	Sedimentos (35,4%)	Brecha	Total Mobilizado
1.043,0	0	0	0	0,00
1.044,0	0	185,12	3,61	188,73
1.045,0	0	370,24	7,49	377,73
1.046,0	0	555,36	11,58	566,94
1.047,0	0	740,47	15,90	756,37
1.048,0	0	925,59	20,38	945,97
1.049,0	0	1.110,71	24,67	1.135,38
1.050,0	4,20	1.295,83	27,33	1.327,36
1.051,0	15,77	1.480,95	28,69	1.525,41
1.052,0	39,39	1.666,07	29,87	1.735,33
1.053,0	75,85	1.851,18	31,02	1.958,05
1.054,0	132,35	2.036,30	32,23	2.200,88
1.055,0	218,03	2.221,42	33,52	2.472,97
1.056,0	332,19	2.406,54	34,88	2.773,61
1.057,0	475,41	2.591,66	36,32	3.103,39
1.058,0	647,47	2.776,78	37,84	3.462,09

Elevação (m)	Volumes Acumulados (x1.000 m³)			
	Água	Sedimentos (35,4%)	Brecha	Total Mobilizado
1.059,0	844,40	2.961,90	39,34	3.845,64
1.060,0	1.065,65	3.147,01	40,84	4.253,50
1.061,0	1.314,03	3.332,13	42,47	4.688,63
1.062,0	1.592,51	3.517,25	44,23	5.153,99
1.063,0	1.901,80	3.702,37	46,13	5.650,30
1.064,0	2.243,35	3.887,49	48,15	6.178,99
1.065,0	2.617,11	4.072,61	50,31	6.740,03
1.066,0	3.022,62	4.257,73	52,61	7.332,96
1.067,0	3.462,03	4.442,84	55,05	7.959,92
1.068,0	3.937,19	4.627,96	57,64	8.622,79
1.069,0	4.449,53	4.813,08	60,26	9.322,87
1.070,0	4.998,88	4.998,20	62,93	10.060,01
1.071,0	5.581,60	5.183,32	65,58	10.830,50
1.072,0	6.193,16	5.368,44	68,00	11.629,60
1.073,0	6.827,37	5.553,55	70,15	12.451,07
1.074,0	7.501,04	5.738,67	72,07	13.311,78
1.075,0	8.343,47	5.923,79	73,76	14.341,02
1.075,88	9.258,85	6.086,70	75,01	15.420,56
1.076,0		6.108,91	75,17	15.442,93
1.077,0		6.294,03	76,33	15.629,21
1.078,0		6.479,15	77,19	15.815,19

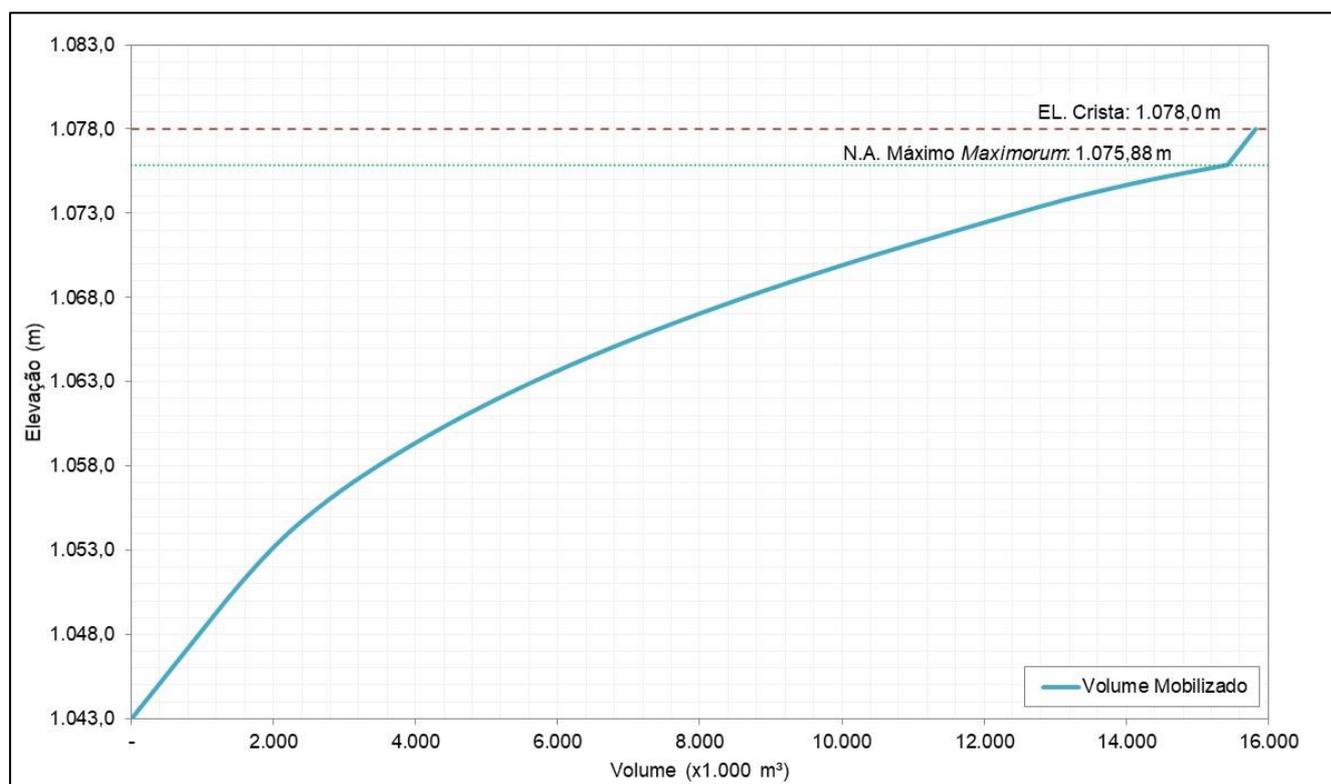


Figura 9.13 - Curva cota x volume – Volume **mobilizado** – Ruptura hipotética Barragem BRI.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>50/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

## 10.0 PROPAGAÇÃO DO HIDROGRAMA

### 10.1 MODELO MATEMÁTICO COMPUTACIONAL

Para a simulação da propagação da onda de ruptura hipotética, aplicou-se o modelo computacional bidimensional RiverFlow2D® (HYDRONIA, 2016), baseado nas equações de águas rasas (*Shallow Water Equations*), resultante de simplificações atribuídas às equações de movimento de Navier-Stokes.

Esse modelo matemático não inclui os termos de dispersão e turbulência. A dissipação de energia e turbulência é considerada apenas pela aplicação do parâmetro de rugosidade de Manning ( $n$ ) nas equações de momentum. As equações desse modelo matemático foram solucionadas pelo método aproximado de Riemann aplicado a volumes finitos.

Para os escoamentos hiperconcentrados, o módulo de corrida de lama e detritos (*Mud and Debris Flow – MD*) possui disponíveis 8 formulações reológicas, e trabalha com fluidos diluídos (escoamento turbulento) a fluidos mais concentrados (movimento de massa). De acordo com a formulação reológica utilizada, o modelo leva em consideração os parâmetros mais característicos e representativos da massa, os quais fazem parte a tensão de cisalhamento ( $\tau_y$ ), a viscosidade dinâmica ( $\eta$ ), a densidade do fluido ( $\rho$ ) e o ângulo de repouso do material. Independentemente da distância entre os elementos de cálculo, para a convergência numérica do modelo fluidodinâmico, o RiverFlow2D® apresenta intervalo de tempo computacional variável e automático, sempre respaldado pelo critério de estabilidade de *Courant–Friedrichs–Lewy* (CFL).

Para a definição dos volumes finitos de controle, o modelo RiverFlow2D® utiliza malhas não-estruturadas capazes de representar adequadamente o contorno geométrico do terreno. Para a modelagem do fluxo bidimensional do trecho 01 foram geradas malhas computacionais com células de dimensões 7 m adensadas para 2 m na região do fundo dos vales e regiões de maior detalhamento requerido. Para o trecho 02 foram geradas malhas computacionais com células de dimensões de 15 m adensadas para 5 m da região do fundo dos vales, e para os trechos 03 e 04 foram geradas malhas computacionais com células de dimensões de 15 m.

A região delimitada pela malha define a área na qual os cálculos 2D serão realizados, com base nos detalhes do modelo digital de elevação utilizado. A Figura 10.1, a Figura 10.2, a Figura 10.3 e a Figura 10.4 apresentam os domínios computacionais gerados para o desenvolvimento da simulação.

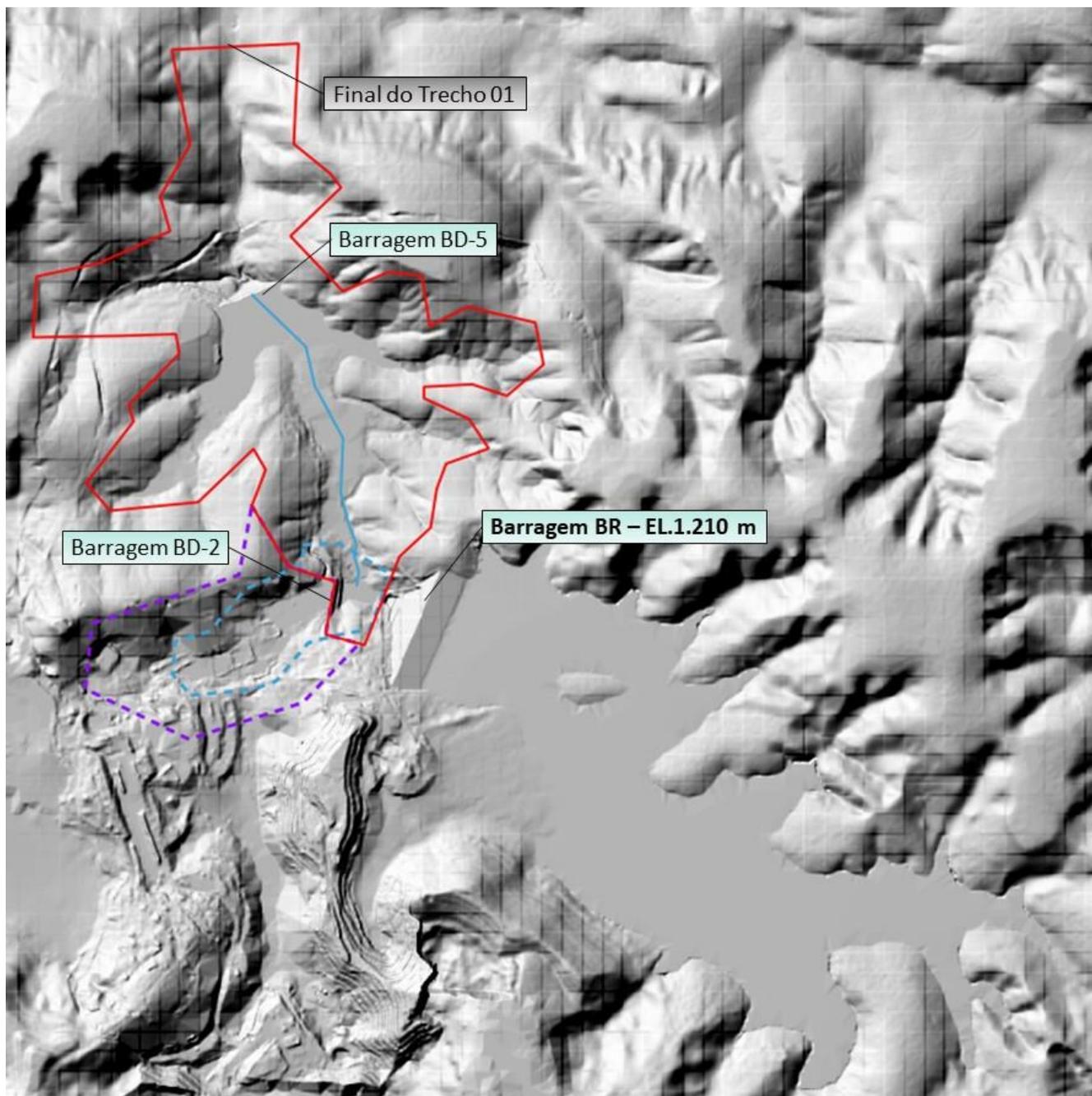


Figura 10.1 – Domínio computacional e morfologia do vale a jusante das barragens BR e BD-2, até a Barragem BD-5 – Trecho 01.

Ressalta-se que, na Figura 10.1, as linhas pontilhadas referem-se à área de adensamento da malha e ao complemento do domínio computacional adicionados à modelagem realizada paralelamente para mapeamento do impacto da onda advinda da ruptura de BR no reservatório da Barragem BD-2, quando não considerada a ruptura desta.

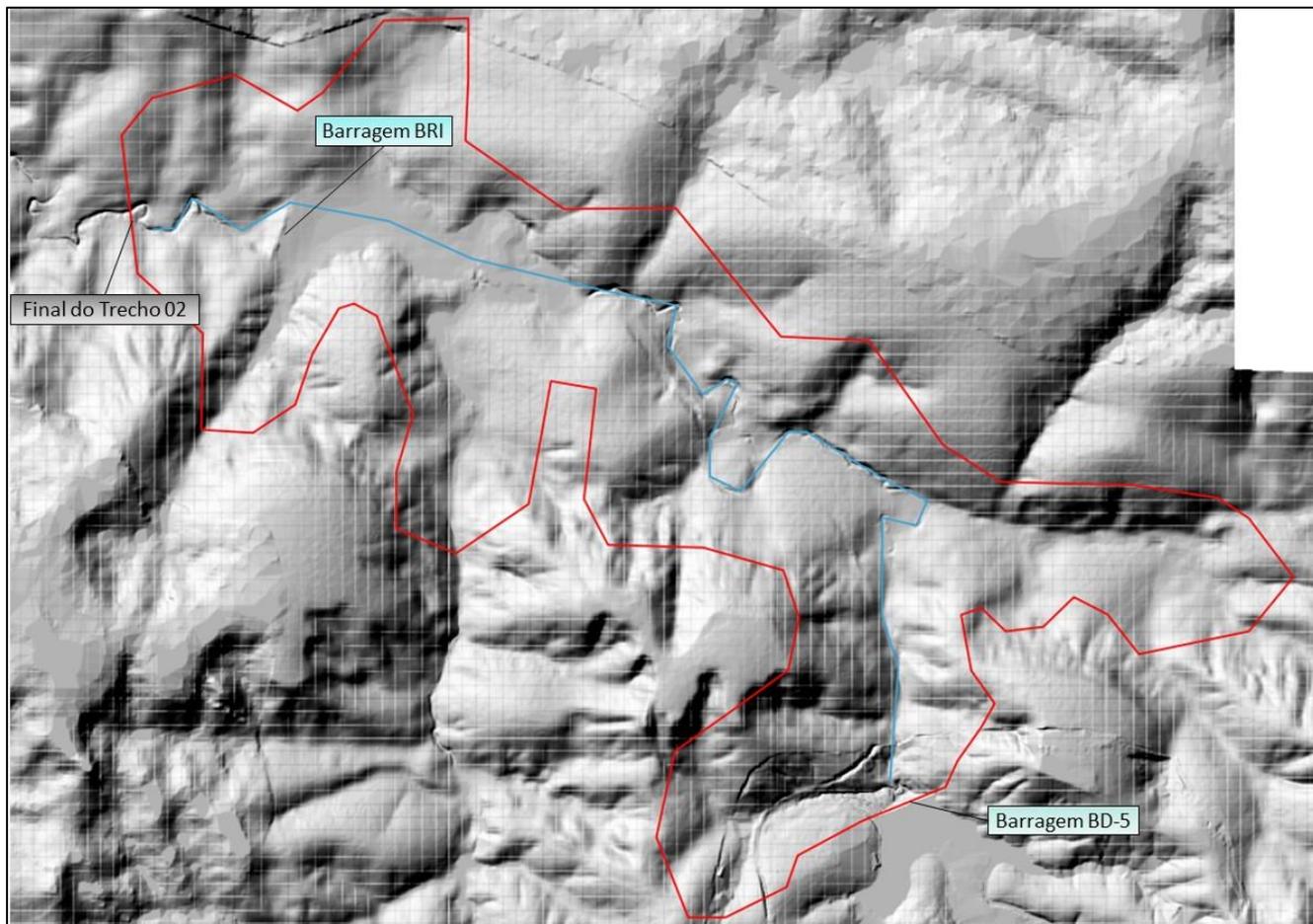


Figura 10.2 – Domínio computacional e morfologia do vale a jusante da Barragem BD-5, até a Barragem BRI – Trecho 02.

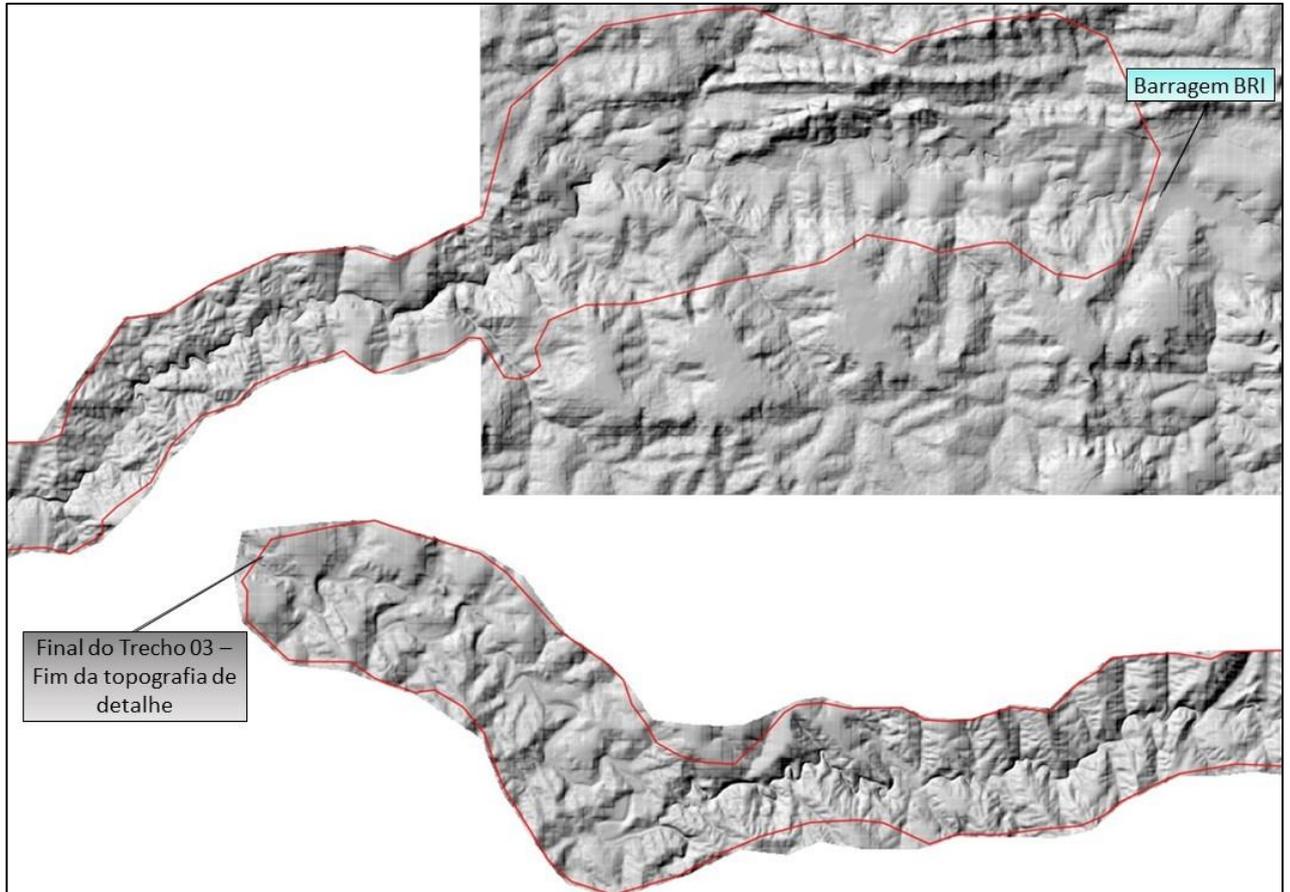
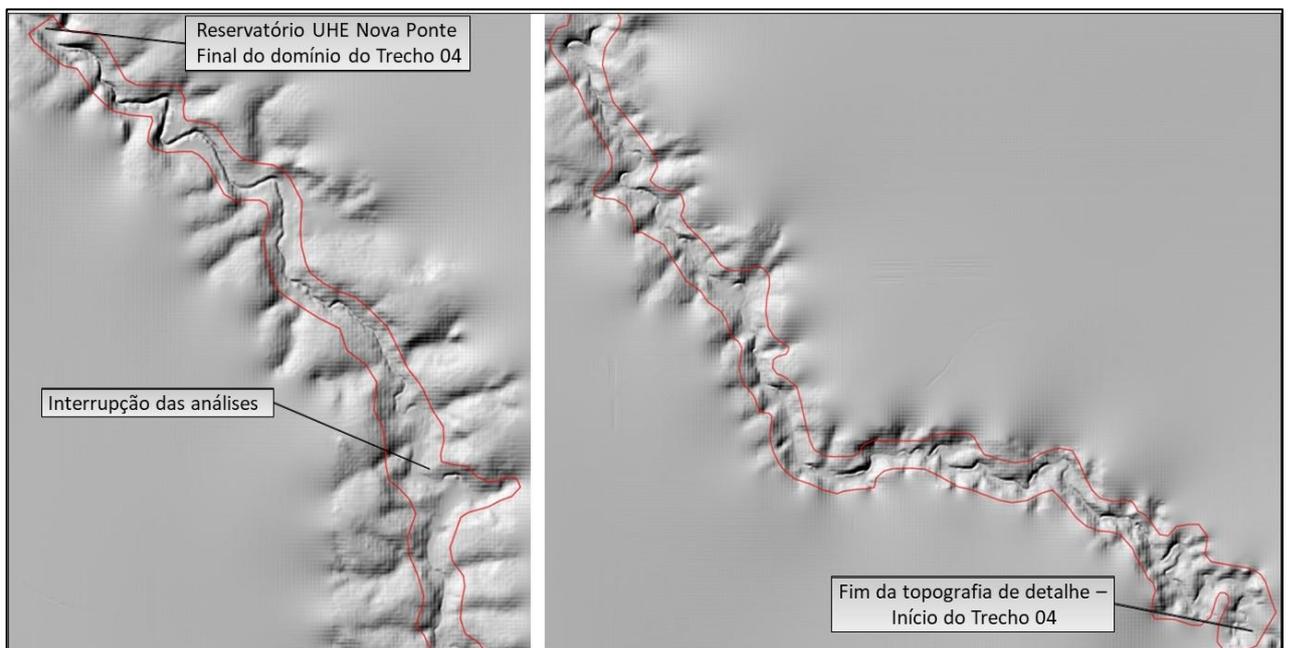


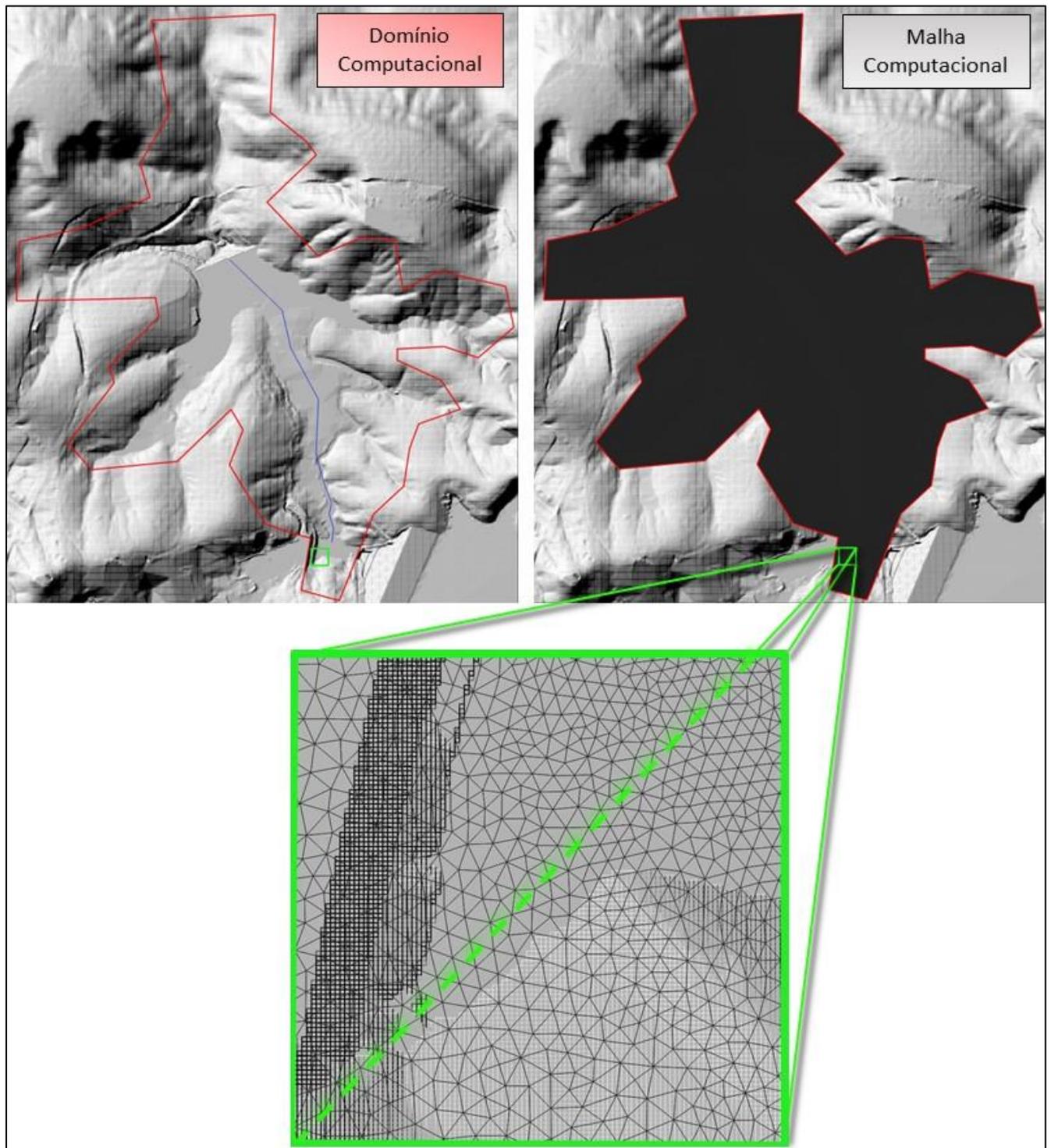
Figura 10.3 – Domínio computacional e morfologia do vale a jusante da Barragem BRI, até o limite da topografia de detalhe – Trecho 03.



	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>54/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Figura 10.4 – Domínio computacional e morfologia do vale a jusante do limite da topografia de detalhe – Trecho 04.

A Figura 10.5 apresenta, a título de exemplificação, um trecho da malha computacional para o trecho 01.



	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>55/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Figura 10.5 – Malha computacional.

## 10.2 PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA

Em consonância com os objetivos desse trabalho, a simulação da propagação da onda de ruptura aplicou apenas o modelo matemático de propagação de lama e detritos. Quando da utilização de determinadas formulações reológicas, o coeficiente de Manning é aplicado como o parâmetro de rugosidade do terreno.

Dessa forma, foi gerado um mapa de uso do solo da região a jusante da Barragem BR e, a partir dele, associado um valor de coeficiente de rugosidade de Manning para cada pixel analisado, tendo como base cada um dos tipos de uso e ocupação identificado nas imagens de satélite fornecidas pela Mosaic.

Destaca-se que os parâmetros de rugosidade de Manning não foram calibrados em função da inexistência de registros e medições de descarga nas estações fluviométricas que fossem da mesma ordem de grandeza das vazões do hidrograma de ruptura.

Os coeficientes de rugosidade foram atribuídos a partir de valores reportados em bibliografia (Chow, 1959), considerando-se o julgamento de engenharia aplicado às variações da cobertura do solo, apresentados na Tabela 10.1. Na Figura 10.6 apresenta-se a espacialização dos parâmetros de rugosidade.

Tabela 10.1 – Parâmetros de rugosidade de Manning (n).

Tipologia	Coeficiente de rugosidade de Manning (n)
Corpo d'água	0,025
Área Industrial	0,015
Solo exposto	0,035
Vegetação densa	0,070
Vegetação rasteira	0,045
Áreas mineradas	0,035
Rejeito	0,035
Plantações	0,050
Estradas/Acessos	0,035
Vias asfaltadas	0,015

**ESTUDO  
BARRAGEM BR – TAPIRA  
REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

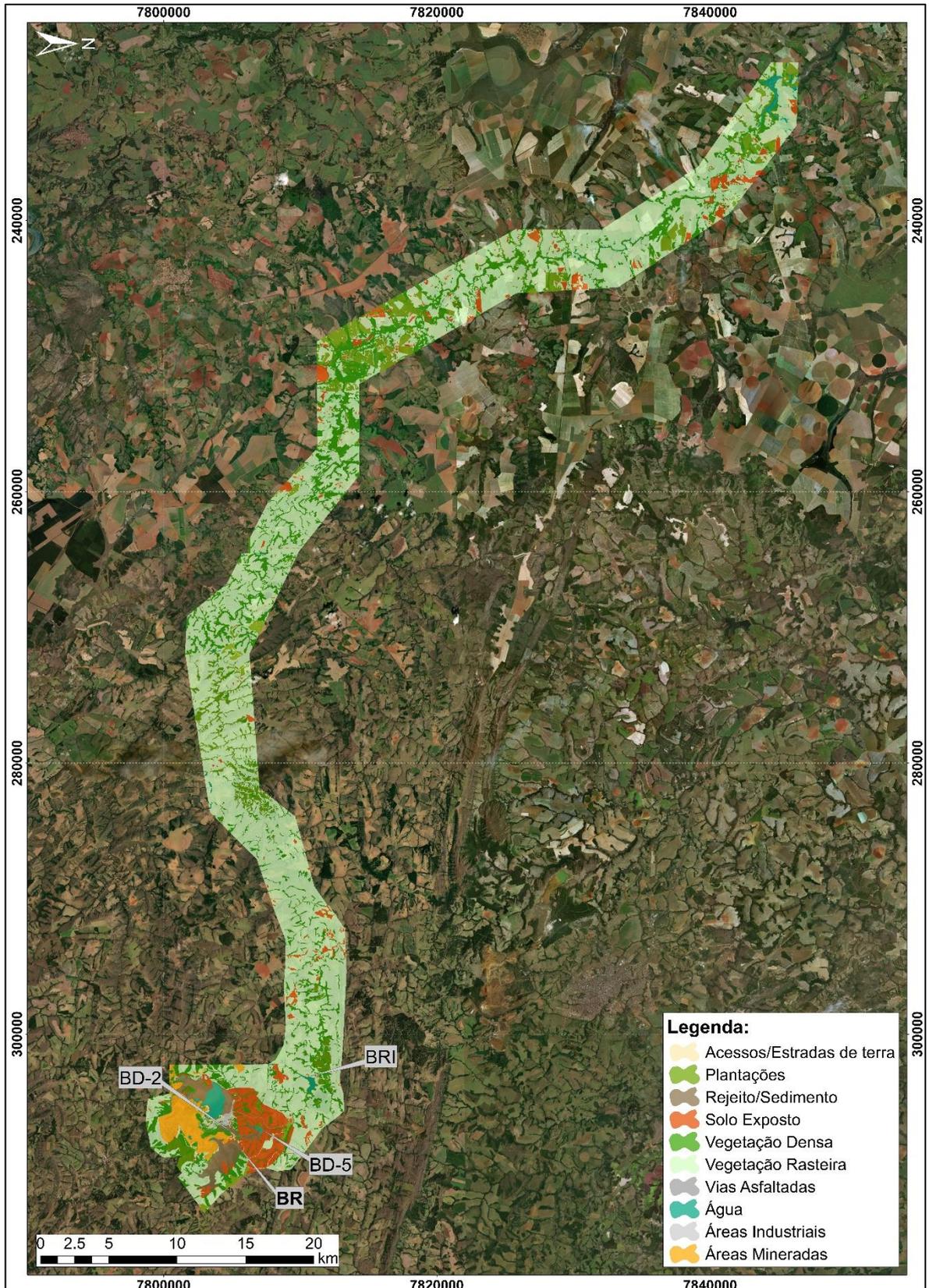
Nº DF+

**56/87**

DF20-162-1-EG-RTE-0001

REV.

**0**



	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO  DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO  BARRAGEM BR – TAPIRA  REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>57/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Figura 10.6 – Mapa de uso e ocupação do solo utilizado para atribuição dos valores de coeficiente de rugosidade de Manning.

### 10.3 ASPECTOS REOLÓGICOS DO REJEITO E CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

A utilização de parâmetros reológicos é representativa para se obter uma assertividade maior na propagação do fluido, que pode apresentar resultados de tempo, distância e área inundada diferentes de quando se utiliza o fluido somente como água. Isso se deve ao fato de que a energia presente na mecânica do fluxo dos rejeitos quando de uma eventual ruptura (peso e velocidade do fluxo), quando passa a ser superada pelas forças de resistência ao fluxo (cisalhantes e turbulentas), forças viscosas ao longo da base do fluxo e forças de tensão com a superfície do terreno, faz com que o fluido reduza a velocidade e tenda ao repouso. Quanto maior a concentração de sedimentos na massa, maior serão as tensões internas no fluido, e maior energia será necessária ao escoamento.

Os dados trabalhados das propriedades reológicas da massa mobilizada, abrangem todo o volume a ser escoado para jusante, levando em conta os volumes de rejeitos, dos maciços e de água.

Uma vez determinado o volume de ruptura dos rejeitos e do maciço (estéril), deve-se mensurar o volume de água sobrenadante presente no reservatório no momento da ruptura. O volume de água presente no reservatório no momento da ruptura tem relação direta com o modo de falha que dá gatilho à ruptura.

Um ponto importante na estimativa dos parâmetros está relacionado à concentração volumétrica da massa a ser mobilizada, que depende do nível freático e índice de vazios do rejeito.

Uma vez determinado o volume do lago ( $V_W$ ) e o volume de ruptura ( $V_R$ ) e tendo posse das relações reológicas constitutivas dos rejeitos ( $\tau_y \times C_V$  e  $\eta_p \times C_V$ ) é possível estimar as propriedades reológicas do fluxo de rejeitos para diferentes cenários.

Segundo Queiroga (2015), o teor de sólidos médio do rejeito em fluxo, após a mistura com a água do lago é dado por:

$$C_V = \frac{R}{(\bar{e}+1)} \quad \text{Equação 10.1}$$

Em que,

- $C_V$  é o teor de sólidos médio do rejeito em fluxo;
- $\bar{e}$  é o índice de vazios médio da massa de rejeitos rompidos;
- $R$  é um parâmetro adimensional, dado por:

$$R = \left( \frac{V_R}{V_R + V_W} \right) \quad \text{Equação 10.2}$$

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA</b> <b>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>58/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Onde,

- $V_R$  é o volume de ruptura dos rejeitos;
- $V_W$  é o volume de água livre presente no reservatório no momento da ruptura.

O parâmetro “R” pode ser denominado “razão da mistura” da massa de rejeitos rompida e a água do lago, e varia de zero, quando o volume de água no reservatório é infinitamente maior que o volume de ruptura, a um, quando a estrutura não apresenta lago (QUEIROGA, 2015).

O’Brien & Julien (1985) apresentaram uma classificação dos tipos de fluxo de corridas de massa de acordo com a concentração de sólidos em volume ( $C_v$ ) da massa rompida. Essa classificação é apresentada na Tabela 10.2.

Tabela 10.2 – Classificação do tipo de escoamento em função do teor de sólidos volumétrico (O’BIEN & JULIEN, 1985 *apud* MELO, 2013).

Característica do escoamento	Concentração Volumétrica ( $C_v$ )	Descrição do escoamento
Escorregamento	0,53 – 0,90	Não há escoamento
	0,50 – 0,53	Deformações internas e movimento lento devido às tensões.
Lama plástica	0,48 – 0,50	Escoamento evidente, apesar de lento / Deformações plásticas sem espraiamento sobre as superfícies adjacentes.
	0,45 – 0,48	Início de espraiamentos, apesar da atuação de forças coesivas.
Corrida de lama	0,40 – 0,45	Mistura-se com facilidade / Apresenta fluidez na deformação alastrando-se sobre superfícies horizontais / Durante movimento a superfície do fluido apresenta considerável declividade / Aparecimento de ondas com dissipação rápida.
	0,35 – 0,40	Acentuada sedimentação / Alastra-se quase por completo sobre superfícies horizontais / Identificação de duas fases
	0,30 – 0,35	Separação de água na superfície / ondas propagam-se com facilidade / decantação de partículas granulares
	0,20 – 0,30	Ação de ondas distinta / Superfície fluida / todas as partículas foram decantadas
Escoamento aquoso	<0,20	Inundação provocada por propagação de onda no estado líquido com de carga de sedimentos suspensos

A Tabela 10.3 apresenta a composição do teor de sólidos volumétrico para os quatro trechos de simulação da ruptura da Barragem BR e, por efeito cascata, das barragens BD-2, BD-5 e BRI.

Ressalta-se que o valor de  $C_v$  obtido para o trecho 01 levou em conta os volumes mobilizados para a ruptura das barragens BR e BD-2. No trecho 02, o volume mobilizado na ruptura da Barragem BD-5 foi incorporado à composição do  $C_v$ . No trecho 03, o volume mobilizado na ruptura da Barragem BRI foi incorporado à composição do  $C_v$ .

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO  DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO  BARRAGEM BR – TAPIRA  REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>59/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

O teor de sólidos obtido no trecho 03 foi replicado para o trecho 04, pelo fato de esta última divisão dos trechos ter se dado apenas pela mudança de base topográfica.

Tabela 10.3 - Teor de sólidos para a simulação – Trechos

	<b>Trecho 01  BR + BD-2</b>	<b>Trecho 02  BR + BD-2 + BD-5</b>	<b>Trechos 03 e 04  BR + BD-2 + BD-5 + BRI</b>
<b>Vol. de Rejeito/Sedimento (reservatórios + maciços) - <math>V_R</math> (m<sup>3</sup>)</b>	47.249.056+287.147+2.226.277 + 27.496 (*)	51.937.740+6.896.193+74.936 (*) (**)	57.454.983+64.791.467+77.197 (*) (**)
<b>Vol. de Água Livre - <math>V_W</math> (m<sup>3</sup>)</b>	2.186.355 + 35.512 (*)	1.246.336 (*)	11.697.326 (*)
<b>Índice de Vazios (<math>\bar{e}</math>)</b>	1,0	1,0	1,0
<b>Teor de Sólidos Volumétrico – Cv</b>	0,48	0,47 (***)	0,40 (***)
<b>Característica do escoamento</b>	Lama Plástica	Lama Plástica	Corrida de Lama

(\*) conforme condições apresentadas no item 9.4.

(\*\*) volume de rejeitos que chega à barragem mais a jusante com a onda de ruptura do trecho anterior + volume mobilizado para esta barragem.

(\*\*\*) média ponderada para o volume advindo do trecho anterior e o volume mobilizado para o trecho em questão.

Em seu estudo, Queiroga (2015), para determinação das propriedades reológicas dos rejeitos, ensaiou rejeitos de minério de ferro para diversos teores de sólidos, através de ensaios de naturezas distintas. Os resultados do viscosímetro coaxial de palhetas permitiram calcular com maior precisão a resistência desenvolvida nos rejeitos para teores de sólidos volumétricos abaixo de 35%, o que não foi possível com a utilização dos ensaios de *Slump* e *Mini Vane*. Ainda assim, o mínimo Cv ensaiado no viscosímetro por Queiroga (2015), foi de 21,8%.

Para ambos os trechos, o escoamento apresenta característica de corrida de lama, de forma que se optou por realizar as simulações considerando comportamento newtoniano (escoamento hiperconcentrado). Dessa forma, utilizou-se, para este cenário, o *software* RiverFlow2D<sup>®</sup> no módulo de corrida de lama e detritos (*Mud and Debris Flow – MD*).

Em virtude da falta de dados específicos sobre as características reológicas do rejeito acumulado nas estruturas analisadas, foram adotados os dados do rejeito estudado por Queiroga (2015), mesmo que seja esperada a existência de diferenças nas propriedades reológicas destes (Figura 10.7 e Figura 10.8).

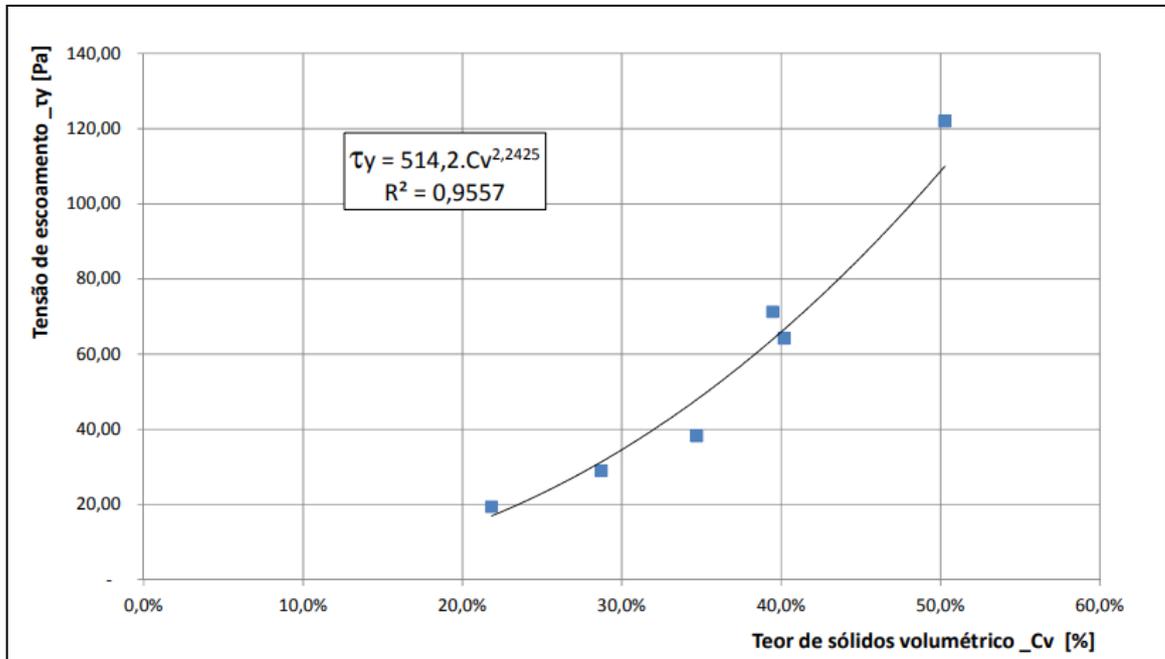


Figura 10.7 – Estimativa dos parâmetros reológicos da massa a ser mobilizada - Tensão de cisalhamento. Fonte: Queiroga, 2015.

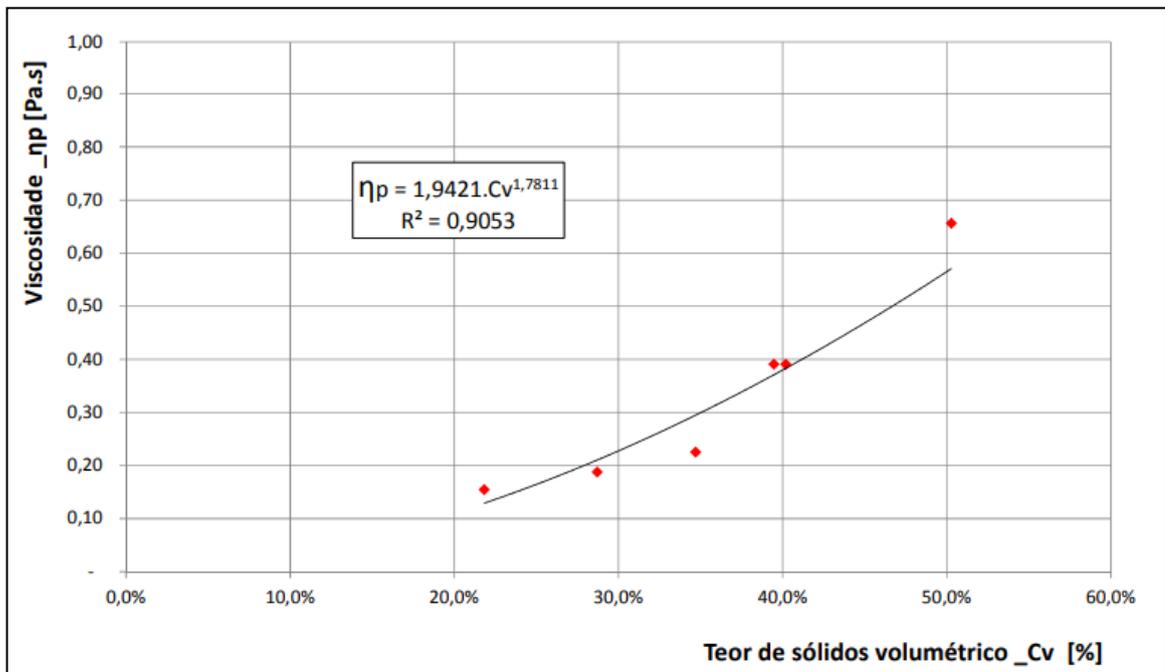


Figura 10.8 – Estimativa dos parâmetros reológicos da massa a ser mobilizada - Viscosidade Dinâmica. Fonte: Queiroga, 2015.

Para a determinação da densidade do fluido ( $\rho$ ), utilizou-se a equação proposta no *software* RiverFlow2D:

	 <small>DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</small>	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>61/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

$$\rho = 1000 * (1 + (\delta - 1) * Cv)$$

Equação 10.3

Em que,

- $\rho$  é a densidade do fluido (kg/m<sup>3</sup>);
- $\delta$  é a massa específica do material (g/cm<sup>3</sup>);
- $Cv$  é o teor de sólidos volumétrico da mistura (Adimensional).

A massa específica dos grãos do maciço da Barragem BR foi obtida por meio do plano de disposição de rejeitos do CMT – LOM, disponibilizado pela Mosaic. Cabe ressaltar que, para o maciço, considerou-se a mesma massa específica dos grãos adotada para o rejeito. Considerou-se a mesma massa específica dos grãos para as barragens BD-2 e BD-5.

Para a Barragem BRI, a massa específica dos grãos do maciço foi obtida a partir de correlações para os índices físicos, conforme informações apresentadas no Relatório Técnico de Revisão Periódica de Segurança da Barragem BRI (VG17-092-1-EG-RTE-0069\_Rev.0), elaborado pela VOG em junho de 2018. Como não foram fornecidas informações de ensaios do sedimento presente na Barragem BRI, considerou-se nula a massa específica dos grãos deste material, de forma a considerar o cenário de análise mais conservador, em termos de atingimento longitudinal da mancha.

Adotou-se como premissa o índice de vazios médio igual a 1,0.

A Tabela 10.4 apresenta a estimativa média dos parâmetros reológicos frente às premissas abordadas para o presente estudo.

Ressalta-se que os valores obtidos no trecho 03 foram replicados para o trecho 04, devido ao fato de a divisão dos trechos ter se dado apenas pela mudança da base topográfica.

Tabela 10.4 - Parâmetros reológicos da massa de rejeitos a ser mobilizada na ruptura.

	Trecho 01	Trecho 02	Trechos 03 e 04
<b>Estrutura</b>	BR e BD-2	BR, BD-2 e BD-5	BR, BD-2, BD-5 e BRI
<b>Teor de Sólidos Volumétrico (Cv)</b>	0,48	0,47	0,40
<b>Tensão de Cisalhamento (<math>\tau_v</math>) - Pa</b>	98,53	95,66	65,87
<b>Viscosidade Dinâmica (<math>\eta_p</math>) - Pa.s</b>	0,52	0,51	0,38
<b>Massa específica dos grãos do rejeito - g/cm<sup>3</sup></b>	3,2	3,2	- (**)
<b>Massa específica dos grãos do maciço - g/cm<sup>3</sup></b>	3,2	3,2	2,90

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO  DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO  BARRAGEM BR – TAPIRA  REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>62/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

	Trecho 01	Trecho 02	Trechos 03 e 04
<b>Densidade do Material (<math>\rho</math>) –  Kg/m<sup>3</sup> (*)</b>	2.053,01	2.036,64	1.744,88

(\*) média ponderada para os volumes de rejeito/sedimento e dos materiais dos maciços.

(\*\*) como não foram fornecidas informações de ensaios do sedimento presente na Barragem BRI, considerou-se nula a massa específica dos grãos deste material, de forma a considerar o cenário de análise mais conservador, em termos de atingimento longitudinal da mancha.

Todos os índices físicos apresentados foram calculados assumindo que o solo esteja saturado (S=100%) no momento da ruptura.

A aquisição de dados primários para definição da concentração volumétrica e dos parâmetros reológicos para a massa a ser mobilizada, fazem-se essenciais para refinamento do estudo e uma maior assertividade nos resultados.

#### 10.4 CONDIÇÕES INICIAIS E DE CONTORNO

Para as simulações hidráulicas da ruptura hipotética da Barragem BR, aplicaram-se condições de contorno compatíveis com o sistema simulado e com os objetivos do estudo, tal como sintetizado a seguir.

- As condições de contorno de entrada para a simulação do trecho 01 consistiram nos hidrogramas de ruptura da Barragem BR (Figura 9.2) e da Barragem BD-2 (Figura 9.3);
- A condição de contorno de entrada para a simulação do trecho 02 consistiu no hidrograma de ruptura da Barragem BD-5, apresentado na Figura 9.4;
- A condição de contorno de entrada para a simulação do trecho 03 consistiu no hidrograma de ruptura da Barragem BRI, apresentado na Figura 9.5;
- A condição de contorno de entrada para a simulação do trecho 04 consistiu no hidrograma encontrado para a última seção do trecho 03;
- Como condição de contorno de saída para as simulações foi utilizada profundidade normal, referente a uma declividade média do talvegue natural para cada trecho;
- Como equação reológica para propagação da massa de rejeito, optou-se pela utilização da formulação Full Bingham, que leva em consideração a tensão de cisalhamento ( $\tau_y$ ), a viscosidade dinâmica ( $\eta$ ) e a densidade do fluido ( $\rho$ ). A propagação dos rejeitos foi simulada considerando uma fase única (média) de escoamento.

#### 10.5 VERIFICAÇÃO DO CRITÉRIO DE INTERRUPTÃO

A aproximadamente 135 km da Barragem BR (242.867m E/ 7.831.239m S), a onda de ruptura em trânsito pelo Rio Araguari atinge a confluência com o Córrego Santa Rosa. A Figura 10.9

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO          DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO          BARRAGEM BR – TAPIRA          REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m          RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>63/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

apresenta a localização do ponto para verificação da possibilidade de interrupção, com área de drenagem de 3.232 km<sup>2</sup>.

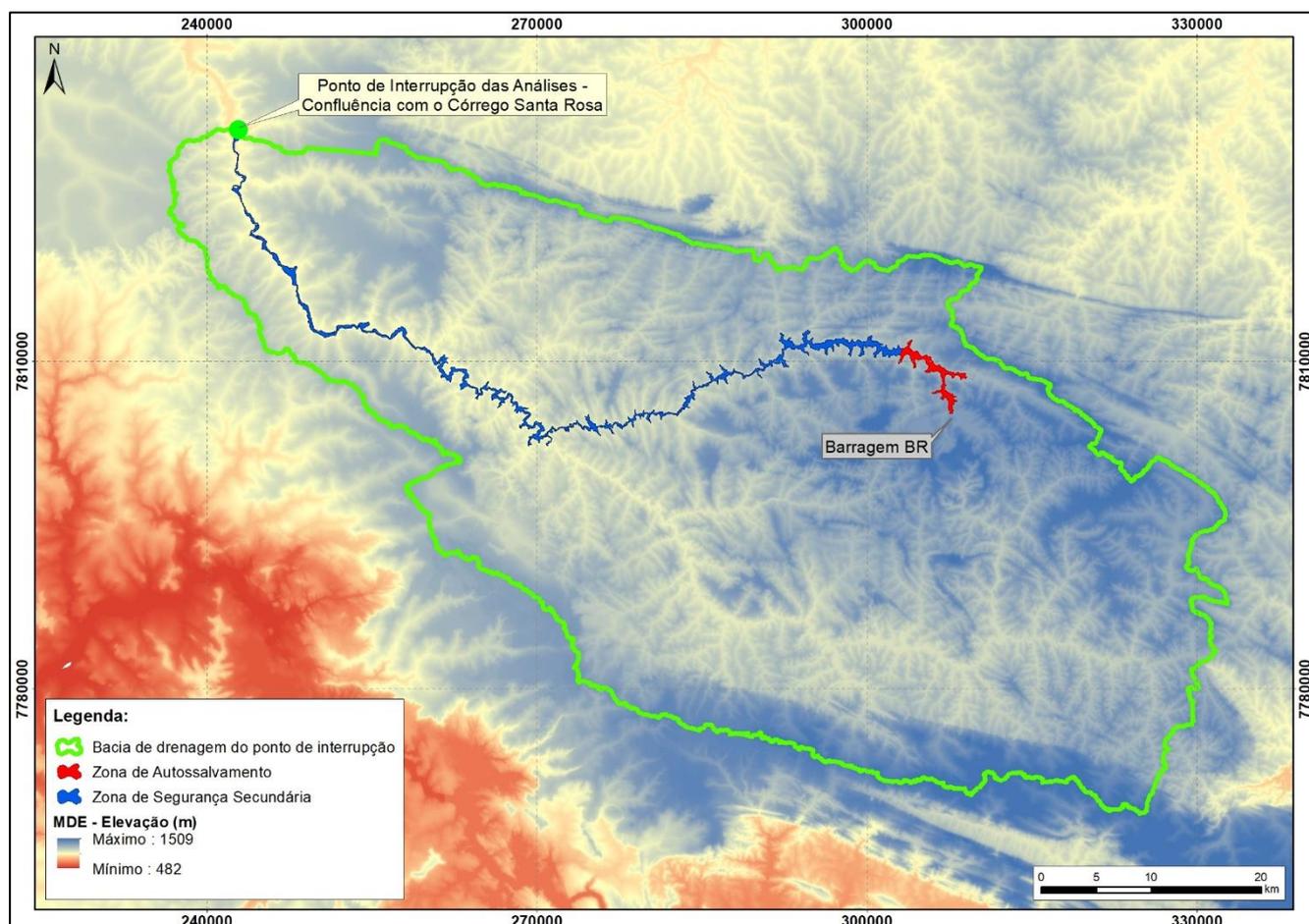


Figura 10.9 – Localização e área do ponto de interrupção analisado.

A magnitude da área de drenagem da bacia hidrográfica neste ponto subsidiou a hipótese de que o hidrograma de ruptura, já abatido pela resistência ao escoamento nos trechos a montante, apresentaria vazões da mesma ordem de grandeza das vazões de cheias naturais neste trecho do curso de água.

Comprovada essa hipótese, as vazões do hidrograma de ruptura não apresentariam potencial de dano e sobrelevação além daqueles já comumente experimentados no curso de água em questão.

Os registros apresentados no item 7.3 foram utilizados para desenvolvimento de uma análise de frequência regional de eventos hidrológicos máximos a partir do método da cheia índice (*Index-Flood Method*).

Essa etapa iniciou-se com uma análise sucinta dos registros fluviométricos das estações relacionadas na Tabela 7.2.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO  DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO  BARRAGEM BR – TAPIRA  REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>64/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Para as estações selecionadas (Figura 10.10) aplicou-se a metodologia de análise de frequência local à série de vazões médias diárias máximas anuais consistidas na origem.

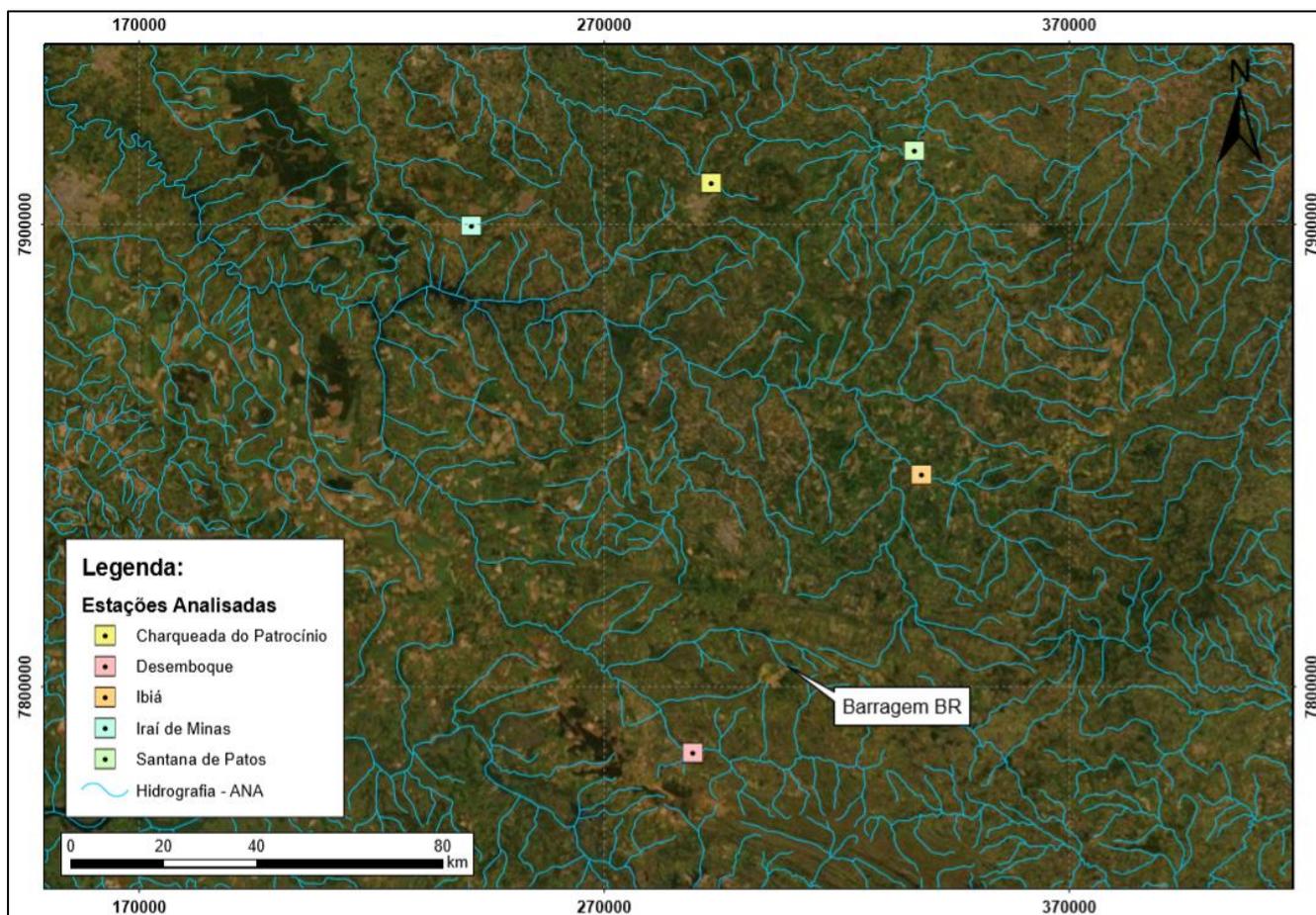


Figura 10.10 - Localização das estações fluviométricas analisadas.

A partir do ajuste da distribuição teórica Gumbel às amostras de vazões máximas obtiveram-se os quantis de tempo de retorno igual a 2,33 anos ( $Q_{2,33}$ ) posteriormente regionalizados em função da área de drenagem das estações fluviométricas.

Os resultados da regionalização da cheia  $Q_{2,33}$ , bem como o ajuste matemático aplicado aos pontos de referência estão apresentados na Figura 10.11.

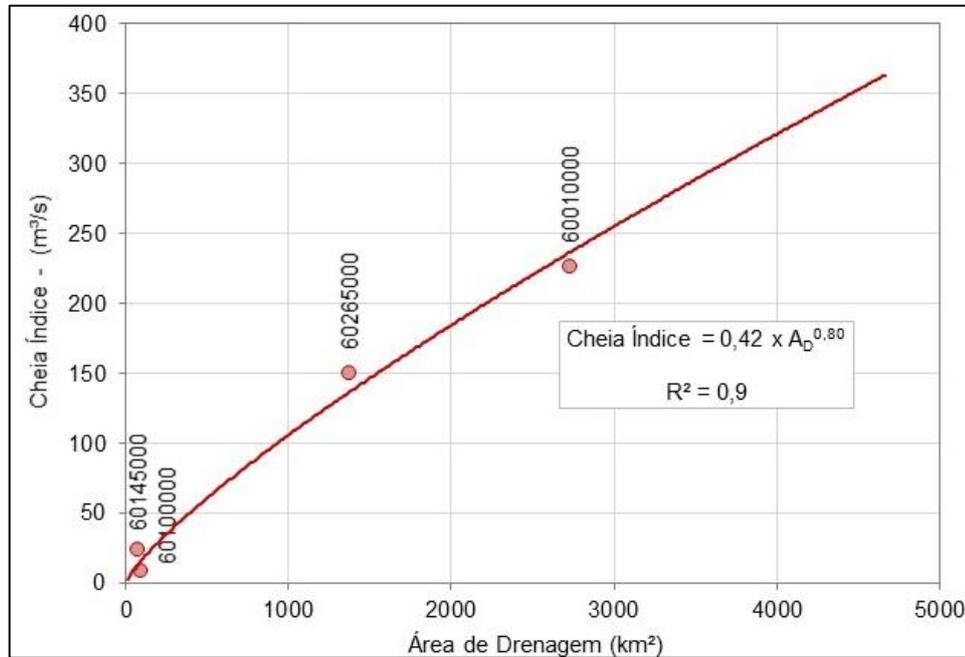


Figura 10.11 - Curva de regionalização da cheia índice –  $Q_{2,33}$ .

Os valores da cheia índice estimada nas estações fluviométricas foi utilizado como referência para a adimensionalização dos quantis de vazão resultantes da análise de frequência local.

Apresenta-se na Figura 10.12 a distribuição de probabilidades regional, adimensionalizada pela cheia índice e representativa das análises de frequência de todas as estações fluviométricas.

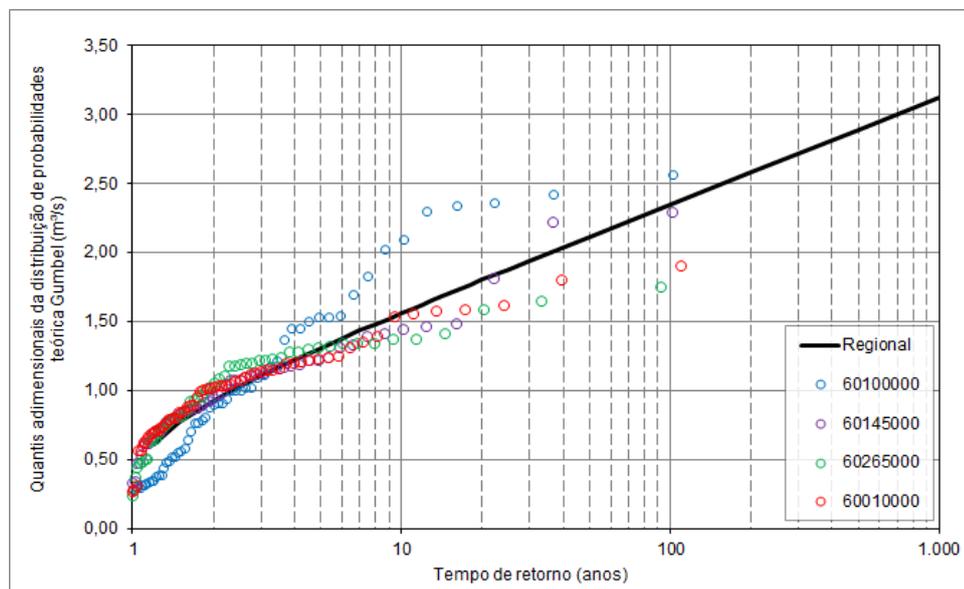


Figura 10.12 – Distribuição de probabilidades regional adimensional

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>66/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Finalmente, a distribuição de probabilidades regional foi aplicada aos eixos fluviais de interesse nos estudos para a definição dos quantis de cheia nesses locais.

Ressalta-se que os quantis resultantes da análise de frequência regional representam valores de vazões médias diárias e foram corrigidos para a devida representação da vazão instantânea por meio da aplicação do coeficiente de Füller.

O resumo dos resultados para os cálculos das cheias em vários eixos de referência está apresentado na Tabela 10.5.

Tabela 10.5 – Estimativa das cheias naturais nos trechos de interesse para o estudo.

Eixo fluvial / confluência de referência	Ribeirão do Inferno / Rio Araguari	Rio Araguari / Ribeirão da Parta	Rio Araguari / Ribeirão Soberbo	Rio Araguari / Córrego do Engenho da Serra	Rio Araguari / Córrego Santa Rosa - Ponto de Interrupção
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	565	2.542	2.776	2.948	3.232
Coeficiente de Füller	1,40	1,25	1,25	1,24	1,24
Tempo de retorno (anos)	Quantis de vazão máxima instantânea (m <sup>3</sup> /s)				
2	86,8	259,1	276,6	289,2	309,6
5	122,4	365,3	389,8	407,6	436,4
10	145,9	435,5	464,8	486,0	520,4
25	175,6	524,3	559,6	585,1	626,5
50	197,7	590,2	629,9	658,6	705,2
100	219,6	655,5	699,7	731,6	783,3
500	270,2	806,6	860,9	900,2	963,8
1000	292,0	871,6	930,2	972,7	1041,4

Pelos resultados apresentados na Tabela 10.5 observa-se que, para um tempo de retorno de 2 anos, a vazão na confluência em análise é da ordem de 309,6 m<sup>3</sup>/s.

Essa constatação facultou a interrupção das análises hidráulicas e apresentação dos resultados da propagação da onda de cheia até o ponto considerado, a aproximadamente 135 km da Barragem BR, uma vez que o pico de vazão do hidrograma da onda proveniente da ruptura da estrutura propagado até esse trecho (121,7 m<sup>3</sup>/s) apresentou a mesma ordem de grandeza das cheias naturais para tempo de retorno de 2 anos.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA</b> <b>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>67/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

## 11.0 RESULTADOS DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA

Os resultados da inundação foram extraídos do modelo matemático apenas para as seções transversais notáveis cujas posições estão evidenciadas nos desenhos relacionados no APÊNDICE A.

As seções notáveis (Figura 11.1) foram posicionadas de modo a representarem a inundação em pontos de interesse relevante ao longo do vale a jusante da estrutura analisada.



Figura 11.1 – Seções notáveis ao longo do vale a jusante da Barragem BR.

Considerou-se como tempo de chegada da onda de ruptura o momento em que a vazão observada na seção notável analisada deixa de ser nula.

Recomenda-se a consulta simultânea dos mapas de inundação para identificação da localização das seções de interesse.

As características da cheia potencial máxima provocada pela onda de ruptura hipotética da Barragem BR e, por efeito cascata, das barragens BD-2, BD-5 e BRI estão apresentadas na Tabela 11.1.

Tabela 11.1 – Parâmetros críticos da inundação nas seções notáveis – Barragem BR.

Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-01	0,2	22,7	17,3	32.810,0	0h2min	0h24min
S-02	0,5	16,3	16,2	32.520,0	0h5min	0h24min
S-03	1,0	14,5	16,9	31.340,0	0h7min	0h24min
S-04	2,8	11,1	19,0	30.050,0	0h11min	0h25min
S-05	3,5	8,5	18,0	28.240,0	0h13min	0h25min
S-06	4,3	17,7	3,1	939,8	0h20min	0h21min
S-07	4,1	22,5	16,4	28.470,0	0h11min	0h27min
S-08	4,9	15,9	22,8	27.830,0	0h13min	0h28min
S-09	5,1	16,5	27,5	27.460,0	0h14min	0h29min
S-10	6,7	18,0	9,4	7.378,0	0h19min	0h30min
S-11	7,7	12,5	6,9	5.381,0	0h25min	0h29min
S-12	6,5	27,1	25,3	26.090,0	0h16min	0h37min
S-13	9,4	29,1	14,0	24.670,0	0h23min	0h40min
ZAS	12,0	10,8	20,8	22.240,0	0h30min	0h53min
S-14	13,7	26,7	11,0	26.470,0	0h36min	1h1min
S-15	17,6	23,6	18,8	24.460,0	0h46min	1h7min
S-16	21,4	19,2	11,7	22.540,0	0h54min	1h15min
S-17	23,8	21,5	9,8	21.020,0	1h2min	1h21min
S-18	25,4	22,2	10,7	15.930,0	1h7min	1h23min
S-19	27,2	22,7	11,4	13.130,0	1h12min	1h27min
S-20	28,0	20,8	9,3	12.080,0	1h15min	1h41min
S-21	29,3	24,0	13,3	10.960,0	1h22min	1h50min
S-22	31,7	20,5	13,4	9.696,0	1h34min	2h8min
S-23	36,1	15,8	12,2	5.119,0	2h0min	2h51min
S-24	41,1	24,7	6,4	4.748,0	2h19min	3h24min
S-25	48,2	22,2	5,5	4.040,0	3h0min	4h18min
S-26	58,9	21,8	6,1	3.470,0	4h11min	5h31min
S-27	62,7	25,9	6,1	2.905,0	4h41min	6h40min
S-28	69,1	11,4	4,8	2.701,0	5h32min	7h0min
S-29	70,8	13,6	5,3	2.514,0	5h44min	7h8min
S-30	71,9	14,0	4,0	2.266,0	5h53min	7h10min
S-31	75,4	11,9	4,9	2.166,0	6h23min	8h23min
S-32	79,7	10,7	3,4	1.828,0	7h0min	8h42min
S-33	82,3	10,0	3,4	1.686,0	7h24min	9h30min
S-34	83,8	10,4	2,4	1.610,0	7h38min	9h49min
S-35	85,7	8,8	4,0	1.604,0	7h58min	10h3min
S-36	90,3	10,1	4,2	1.375,0	9h8min	9h54min
S-37	91,6	11,5	6,0	1.183,0	9h25min	11h15min

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>69/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-38	95,4	12,0	2,1	1.080,0	10h18min	12h55min
S-39	98,1	10,5	2,6	1.030,0	11h0min	13h18min
S-40	99,9	11,1	2,0	1.014,0	11h22min	14h0min
S-41	103,1	11,0	1,1	935,1	12h16min	14h18min
S-42	108,3	8,3	3,6	706,8	14h4min	16h45min
S-43	111,2	9,0	1,6	585,0	15h25min	18h35min
S-44	112,6	8,7	2,2	584,0	15h58min	18h44min
S-45	114,0	8,1	1,5	583,4	16h55min	19h4min
S-46	118,7	9,0	1,3	237,5	18h55min	21h56min
S-47	121,3	8,9	0,5	179,1	20h57min	26h8min
S-48	125,4	7,6	1,0	142,9	24h20min	32h13min
S-49	133,4	4,0	0,9	123,3	32h23min	36h53min
S-50	135,2	2,4	3,6	121,7	33h59min	37h36min

Esse comportamento está coerente, uma vez que as maiores velocidades de transporte da onda decorrem dos hidrogramas de ruptura de maior volume, e, portanto, maior inércia. Quanto menores os volumes dos hidrogramas de ruptura, as velocidades de transporte da onda tendem a convergir para a velocidade de transporte normal correspondente às cheias naturais dos cursos de água.

Importante destacar que as informações contidas nas tabelas anteriores, no que tange as distâncias de cada seção notável relativas ao eixo da Barragem BR, foram obtidas a partir do eixo do talvegue traçado com base em imagens de satélite, por se entender que essa referência representa critério fixo, facilmente replicável e de fácil verificação em campo.

Observa-se, pelos resultados das tabelas, que o abatimento do hidrograma de ruptura ocorre, mais intensamente, nos trechos iniciais.

Os efeitos de amortecimento da onda de ruptura também podem ser avaliados pela diferença temporal entre a chegada da frente de onda (Figura 11.2), valores de elevação máxima da inundação (Figura 11.3), vazões de pico na inundação (Figura 11.4) e o perfil de escoamento (Figura 11.5). As distâncias apresentadas têm como referência o eixo da Barragem BR. As figuras apresentam a análise apenas do talvegue principal a jusante das barragens.

**ESTUDO  
BARRAGEM BR – TAPIRA  
REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC  
Nº DF+  
DF20-162-1-EG-RTE-0001

PÁGINA  
**70/87**  
REV.  
**0**

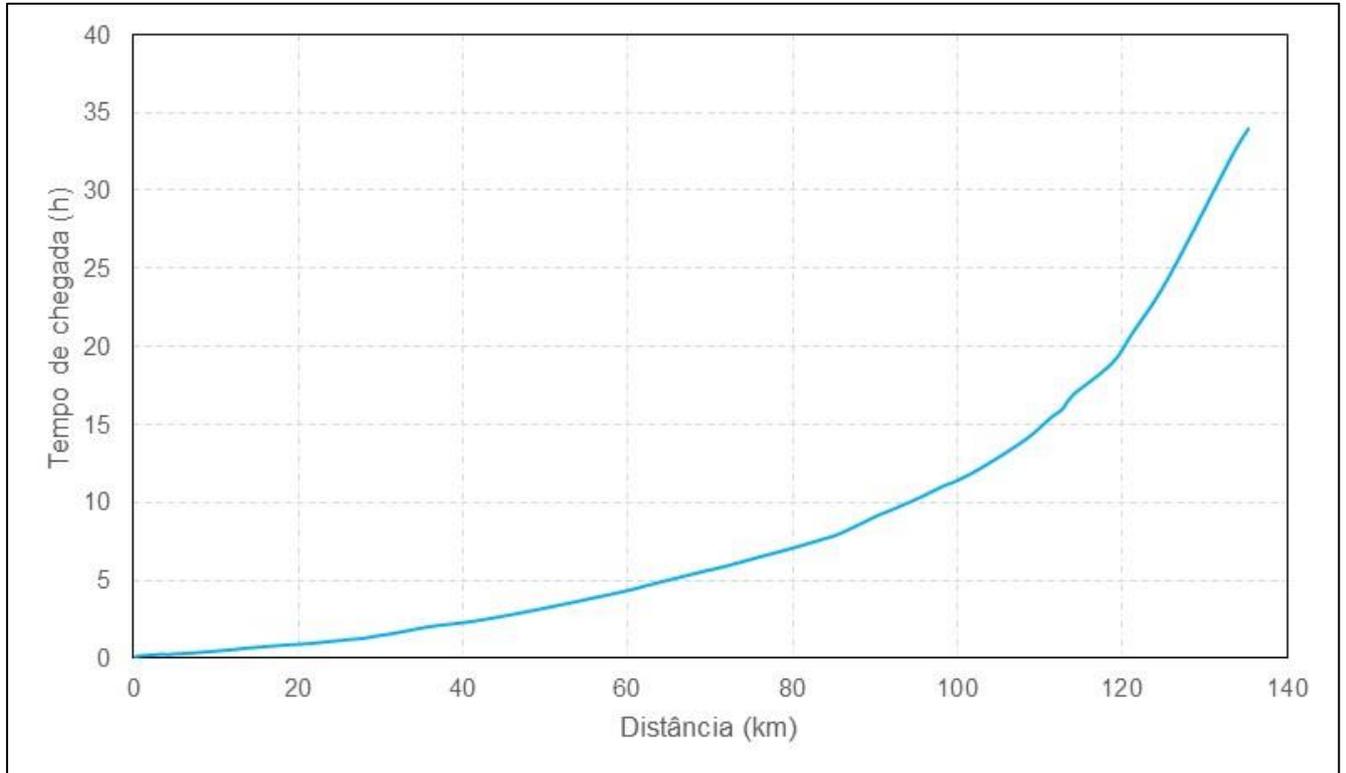


Figura 11.2 - Variação do tempo da frente de onda ao longo dos talweges.

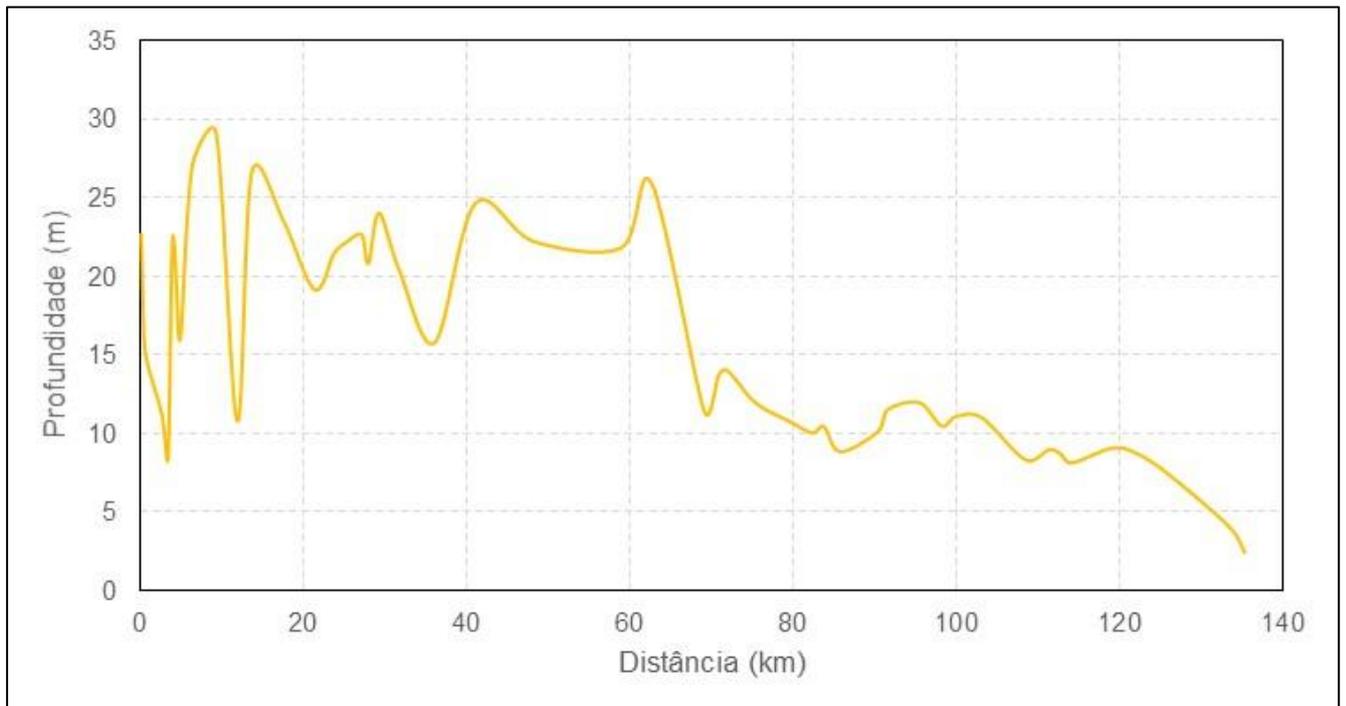


Figura 11.3 - Variação da altura da lâmina de água nas seções ao longo dos talweges.

**ESTUDO  
BARRAGEM BR – TAPIRA  
REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

Nº DF+

**71/87**

DF20-162-1-EG-RTE-0001

REV.

**0**

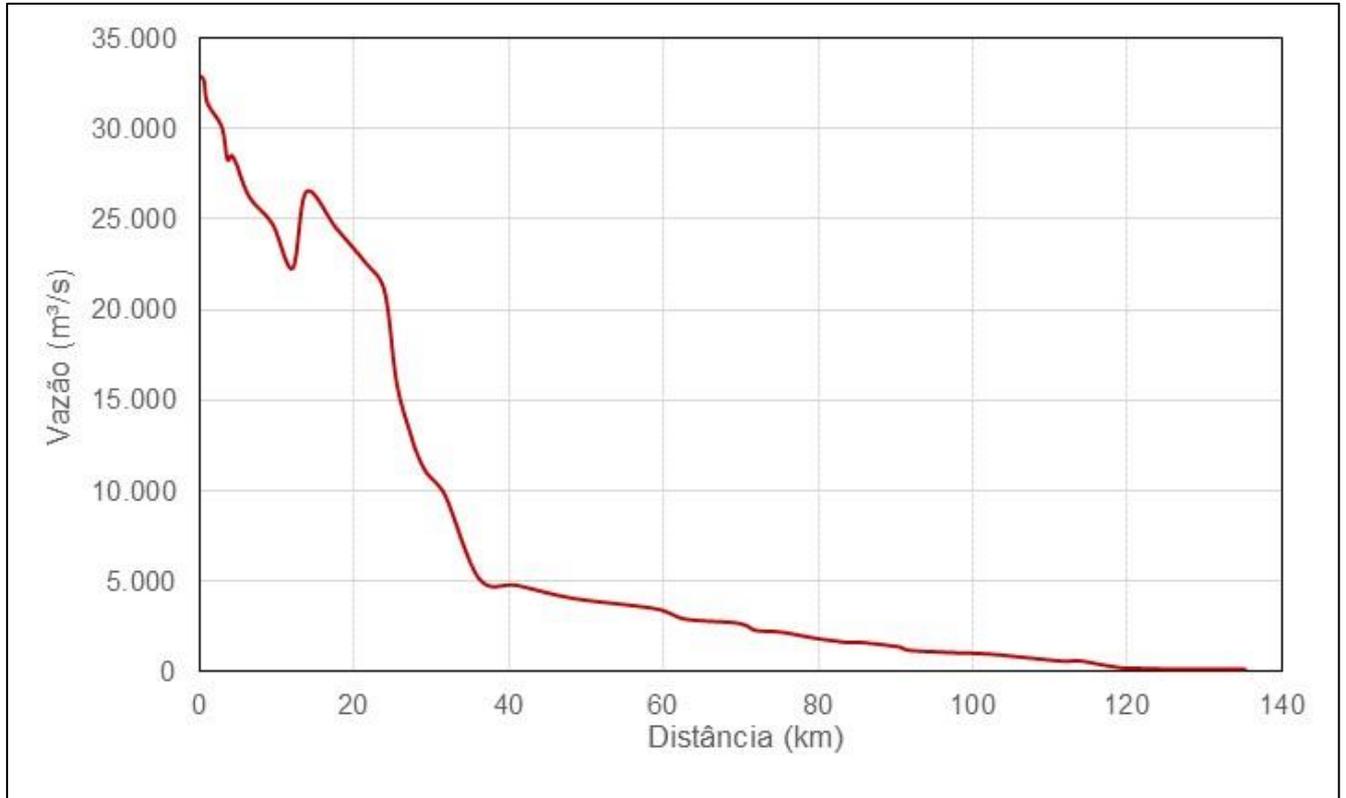


Figura 11.4 - Variação da vazão de pico nas seções ao longo dos talwegues.

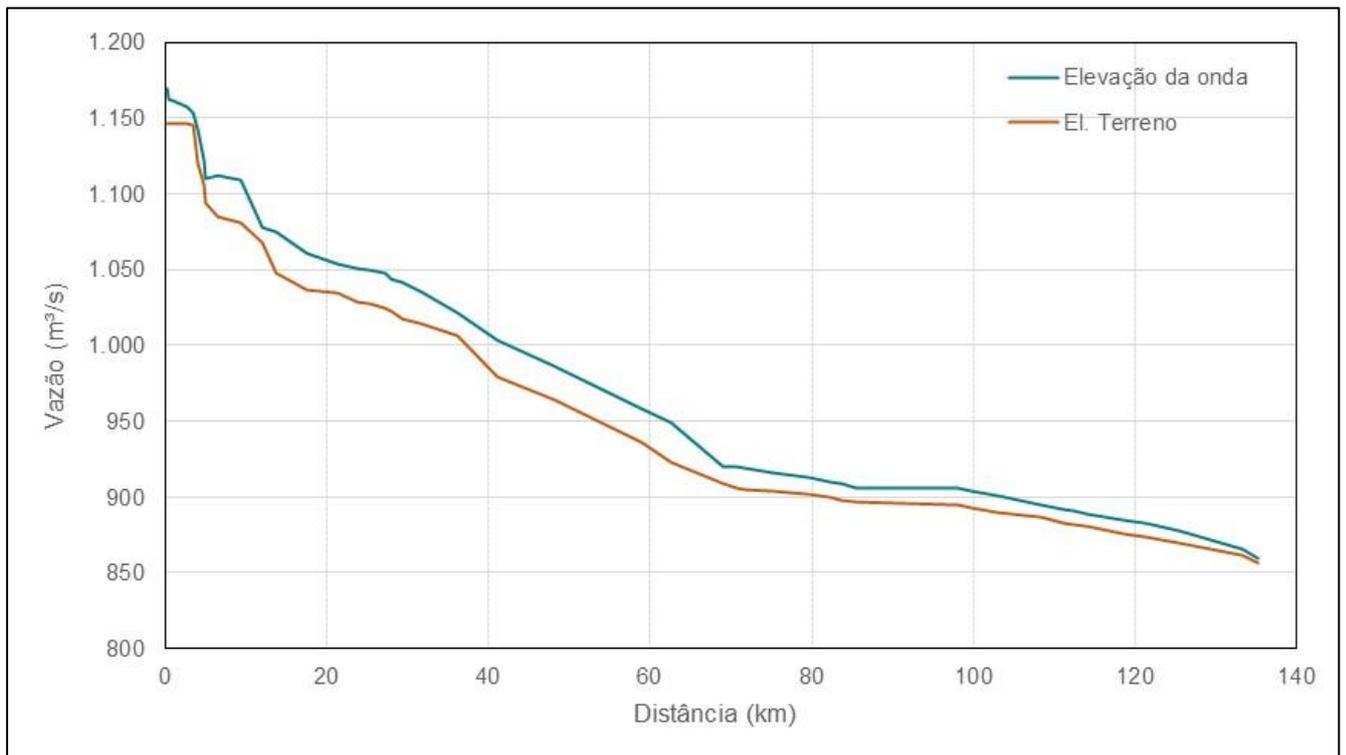


Figura 11.5 – Perfil de escoamento.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA</b> <b>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b> <b>RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>72/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

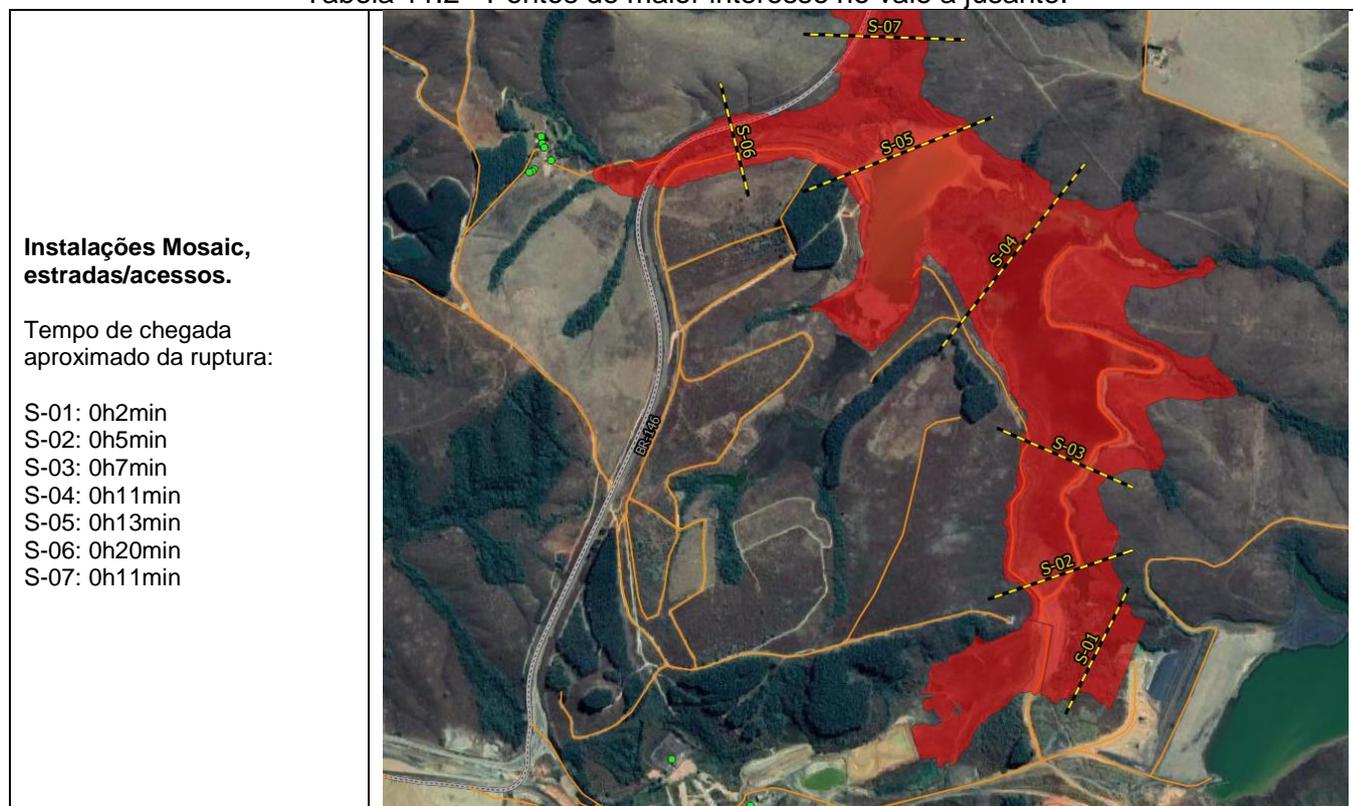
A partir dos resultados apresentados nas tabelas e gráficos observa-se que os hidrogramas e elevações da inundação potencial comportaram-se de maneira coerente com o esperado para esse tipo de estudo.

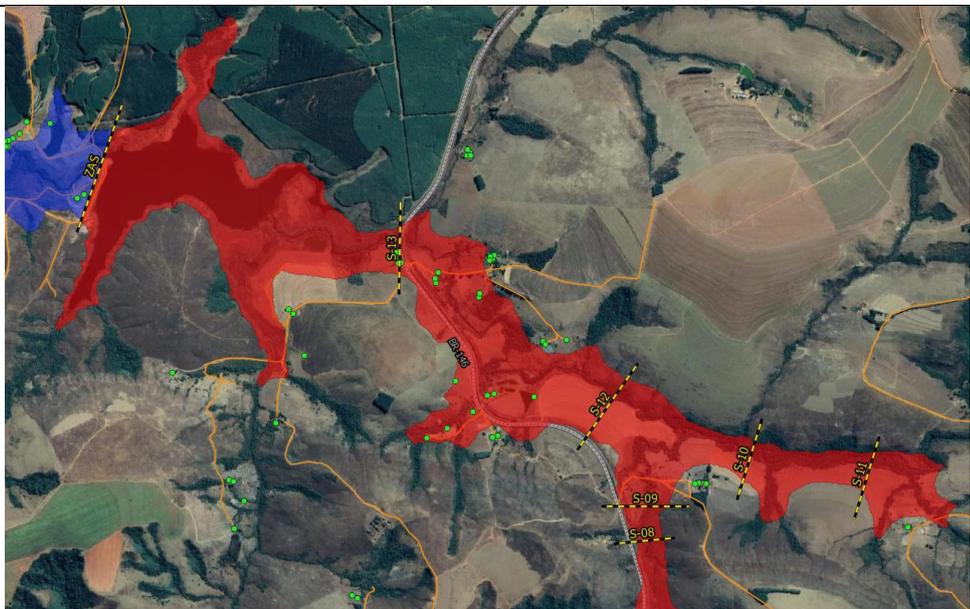
### 11.1 INTERFERÊNCIAS A JUSANTE

Alguns pontos merecem atenção especial quando analisado o cenário de ruptura hipotética supracitado. A propagação da onda da ruptura hipotética da Barragem BR no Córrego Boa Viagem, foi simulada ao longo do vale a jusante da estrutura, passando pelo Ribeirão Inferno e chegando ao Rio Araguari, percorrendo cerca de 135 quilômetros, em um trecho com vegetação em quase toda a sua extensão, com existência de algumas edificações e povoados isolados, até a confluência do Rio Araguari com o Córrego Santa Rosa, quando foram interrompidas as análises.

A Tabela 11.2 apresenta a caracterização dos principais elementos de risco estudados na Zona de Autossalvamento, com base nas imagens de satélite.

Tabela 11.2 - Pontos de maior interesse no vale a jusante.



**BR-146, estradas/acessos,  
edificações.**Tempo de chegada  
aproximado da ruptura:S-08: 0h13min  
S-09: 0h14min  
S-10: 0h19min  
S-11: 0h25min  
S-12: 0h16min  
S-13: 0h23min  
ZAS: 0h30min

## 12.0 MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO

O mapeamento dos parâmetros de inundação constitui o principal produto dos estudos de ruptura hipotética por representar de maneira sintética e espacialmente distribuída o potencial de dano e ameaça decorrente da propagação da onda de ruptura.

Nesse contexto, dentre uma série de opções de mapeamento da informação, optou-se pela compilação do mapeamento da inundação máxima adotando-se a escala adequada para cada mapa.

O mapeamento da inundação máxima trata-se de um produto onde são apresentados os limites dos parâmetros do potencial de inundação da onda de ruptura hipotética. Neste estudo, foram apresentados os mapas da envoltória de ruptura, de profundidades e velocidades máximas e o mapa do máximo produto entre a velocidade e a profundidade (risco hidrodinâmico). Os referidos mapas estão apresentados nos desenhos referenciados no Apêndice A.

## 13.0 ZONEAMENTO DE RISCO

O zoneamento do risco é a divisão do território potencialmente atingido em áreas classificadas segundo o risco envolvido, a magnitude do dano, a vulnerabilidade e os tempos de alerta envolvidos. Para definir o zoneamento de risco foram utilizados os quatro principais parâmetros fornecidos pelo estudo de propagação:

- Tempo de chegada da onda de ruptura;

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO  DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO  BARRAGEM BR – TAPIRA  REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>74/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

- Distância em relação à barragem;
- Profundidade da lâmina de água e;
- Velocidades do fluxo.

### 13.1 ZONA DE AUTOSSALVAMENTO

A portaria ANM N°70.389, publicada 17/05/2017, define a zona de autossalvamento como a região localizada à jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situação de emergência, devendo-se adotar a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponde a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos ou 10 km.

A zona de segurança secundária, também segundo a portaria ANM N°70.389, publicada 17/05/2017 é a região constante do mapa de inundação, não definida como ZAS.

Conforme análise realizada, a delimitação da ZAS foi realizada com base no critério de 30 minutos, que, para o caso em questão, localiza-se entre a seção S-13 e a S-14, com distância de 12,0 km em relação ao eixo da Barragem BR, de acordo com os desenhos DF20-162-1-EG-DWG-0001, DF20-162-1-EG-DWG-0002 e DF20-162-1-EG-DWG-0003.

Como a área a jusante da estrutura analisada e afetada pela ruptura apresenta áreas de ocupação permanente de pessoas, com existência de edificações e propriedades rurais, conclui-se que a ZAS em questão carece de estudo específico para implantação de sinalização sonora, conforme estabelecido na portaria ANM N° 70.389/17, o que já foi realizado pela Mosaic com base em estudos anteriores.

### 13.2 GRAU DE PERIGO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE CHEGADA DA ONDA

Para a definição do número esperado de vítimas significantes e potencialmente significante (NEV) em função do tempo de chegada da onda são utilizados os critérios apresentados na Tabela 13.1. A obtenção do NEV é possível a partir da consideração de um número médio de pessoas em cada residência e de posse do cadastro do número de residências nas regiões afetadas, o que já foi realizado pela Mosaic com base em estudos anteriores.

Tabela 13.1 – Número esperado de vítimas em função do tempo de alerta (USBR, 1999).

TEMPO DE AVISO	PERDA DE VIDAS	NÚMERO ESPERADO DE VÍTIMAS (NEV)
0 a 15 minutos	Significante	NEV = 50% no número de pessoas em risco
15 a 90 minutos	Potencialmente significativa	NEV = (número de pessoas em risco) <sup>0,6</sup>
Mais que 90 minutos	Perda de vidas virtualmente eliminada	NEV = 0,0002 x número de pessoas em risco

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>75/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

### 13.3 GRAU DE PERIGO EM FUNÇÃO DO RISCO HIDRODINÂMICO

O grau de perigo em função do Risco Hidrodinâmico – RH, é definido pelo produto da profundidade da lâmina de água pela velocidade da propagação da onda. Em cada seção notável, a Tabela 13.2 mostra o respectivo RH. A Tabela 13.3 mostra as consequências do risco hidrodinâmico de acordo com o estabelecido por SYNAVEN et al., 2000.

Tabela 13.2 - Grau de risco para as seções notáveis.

Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	RH (m <sup>2</sup> /s)	Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	RH (m <sup>2</sup> /s)
S-01	0,2	285	S-26	58,9	71
S-02	0,5	244	S-27	62,7	57
S-03	1,0	195	S-28	69,1	40
S-04	2,8	142	S-29	70,8	22
S-05	3,5	123	S-30	71,9	26
S-06	4,3	38	S-31	75,4	28
S-07	4,1	252	S-32	79,7	24
S-08	4,9	329	S-33	82,3	29
S-09	5,1	325	S-34	83,8	22
S-10	6,7	114	S-35	85,7	28
S-11	7,7	48	S-36	90,3	20
S-12	6,5	417	S-37	91,6	13
S-13	9,4	236	S-38	95,4	16
ZAS	12,0	178	S-39	98,1	16
S-14	13,7	127	S-40	99,9	13
S-15	17,6	183	S-41	103,1	10
S-16	21,4	185	S-42	108,3	22
S-17	23,8	161	S-43	111,2	9
S-18	25,4	153	S-44	112,6	9
S-19	27,2	163	S-45	114,0	11
S-20	28,0	93	S-46	118,7	6
S-21	29,3	150	S-47	121,3	4
S-22	31,7	179	S-48	125,4	4
S-23	36,1	122	S-49	133,4	4
S-24	41,1	77	S-50	135,2	3
S-25	48,2	55			

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>76/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Tabela 13.3 – Consequência do risco. Fonte: SYNAVEN et al., 2000.

<b>RH (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>CONSEQUÊNCIAS</b>
< 0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 - 1,0	Adultos são arrastados
1,0 - 3,0	Danos de submersão em edifícios, estruturais em casas fracas
3,0 - 7,0	Danos estruturais em edifícios e possíveis colapsos
> 7,0	Colapso em certos edifícios

Comparando o RH da Tabela 13.2 com o da Tabela 13.3 podemos verificar que a onda de ruptura possui características que indicam que esta é suficiente para causar danos significativos, em diferentes níveis, a jusante da Barragem BR.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>77/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

## 14.0 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A DF+ foi contratada pela Mosaic para atualizar os estudos de ruptura hipotética de acordo com a Resolução 32, de 11 de maio de 2020, outorgada pela Agência Nacional da Mineração (ANM), das estruturas do Complexo Minerquímico de Tapira (CMT). Este relatório apresentou os resultados para a Barragem BR na elevação 1210m.

Os estudos de ruptura hipotética foram desenvolvidos com o objetivo de mapear as áreas potencialmente inundáveis, a jusante da Barragem BR, e consideraram a geometria da estrutura conforme apresentado no projeto executivo de alteamento da Barragem BR para a elevação 1210m, também desenvolvido pela DF+ (ver arranjo geral - DF19-263-1-EG-DWG-0003).

A hipótese de ruptura por *piping* foi adotada para a Barragem BR, por se tratar do cenário de maior dano dentre os modos de falha mais plausíveis. Para as barragens BD-2, BD-5 e BRI, adotou-se como método de falha o galgamento, por efeito cascata das rupturas a montante.

Considerou-se o nível de água nas barragens (BR, BD-2, BD-5 e BRI), no momento da ruptura, no nível máximo *Maximorum*, referente à ocorrência de um evento pluviométrico com tempo de retorno de 10.000 anos, nas respectivas bacias de contribuição.

Em função dos resultados obtidos na caracterização química do material do reservatório, a amostra de rejeito foi classificada como Classe II A – Resíduo Não Inerte. Esta classificação é dada a materiais que podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, mas que não estão contaminados por resíduos de processo industrial.

O rejeito do reservatório possui peso específico dos sólidos ou dos grãos ( $Y_s$ ) variando entre 34,10 a 35,10 kN/m<sup>3</sup> e peso específico natural entre 17,74 a 19,38 kN/m<sup>3</sup>. Com relação a compactidade relativa (CR) do material, o valor obtido está entre a faixa de 0,33 a 0,66 o que o classifica como medianamente compacto segundo a classificação sugerida por Terzaghi (1947). Destaca-se que os resultados acima, foram elaborados a partir de amostradas coletadas 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 material de forma homogênea.

O reservatório possui levantamento topobatimétrico e batimétrico atualizados datados de março de 2020 que podem ser visualizados nos arquivos denominados “TOPOBATIMETRIA BR CMT part 1 - MARÇO 2020” e “TOPOBATIMETRIA BR CMT part 2 - MARÇO 2020”, respectivamente, ambos no formato dwg.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>78/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Para a simulação da propagação da onda de ruptura, considerou-se dia seco, ou seja, sem a ocorrência de chuvas a jusante das barragens. A DF+ entende que a adoção dessa premissa considera o cenário mais crítico em termos de alcance longitudinal da onda de ruptura, uma vez que a consideração de evento pluviométrico decamilenar simultâneo no vale a jusante levaria a mudanças no critério de interrupção da simulação, levando a onda a atingir maiores distâncias. Ademais, vale destacar que nos trechos iniciais da propagação não haveria diferença nos resultados apresentados, devido à discrepância na ordem de grandeza das vazões decorrentes da ruptura, em comparação às de uma chuva no vale a jusante. Nos trechos mais afastados do local da ruptura, entende-se que o acréscimo no alcance transversal da onda, ou seja, o acréscimo pelas margens, sobre a ocupação da calha considerando-se dia chuvoso, seria irrisório.

A interrupção das simulações foi dada quando o hidrograma da onda de ruptura da Barragem BR em trânsito pelo Rio Araguari alcançou vazões de mesma ordem de grandeza que as naturalmente existentes no curso de água, a aproximadamente 135 km do maciço da estrutura.

O uso do modelo matemático-computacional adotado para a representação do fenômeno hidráulico de propagação da onda de cheia decorrente da ruptura hipotética da Barragem BR foram satisfatórios para apresentação do deslocamento da massa de rejeitos numa eventual ruptura e verificação dos resultados obtidos de profundidade e velocidades ao longo do vale a jusante.

A aquisição de dados primários para definição da concentração volumétrica e dos parâmetros reológicos para a massa a ser mobilizada, fazem-se essenciais para refinamento do estudo e uma maior assertividade nos resultados. Porém, a utilização de referências bibliográficas regionais traz importantes elementos para auxílio preliminar nas tomadas de decisão.

Conforme apresentado, a delimitação da ZAS foi realizada com base no critério de 30 minutos, que, para o caso em questão, localiza-se entre a seção S-13 e a S-14, com distância de 12,0 km em relação ao eixo da Barragem BR.

A simulação da propagação da onda proveniente da ruptura hipotética da Barragem BR foi interrompida quando o hidrograma da onda em trânsito pelo Rio Araguari alcançou vazões de mesma ordem de grandeza que as naturalmente existentes no curso de água. Isso ocorreu na confluência do Rio Araguari com o Córrego Santa Rosa, cerca de 135 km a jusante da Barragem BR.

Como a área a jusante da Barragem BR e afetada pela ruptura apresenta áreas de ocupação permanente de pessoas, com existência de edificações e propriedades rurais, constatação feita a partir de imagem de satélite, obtida gratuitamente no *software* Google Earth (Figura 1.2), conclui-se que a ZAS em questão carece de estudo específico para implantação de sinalização sonora, conforme estabelecido na portaria ANM Nº 70.389/17, o que já foi realizado pela Mosaic com base em estudos anteriores.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>79/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Na ocorrência de uma eventual falha no maciço da Barragem BR, a passagem da onda de ruptura a jusante poderia ocasionar diversos danos, tais como:

- Danos estruturais em residências e edificações existentes no vale a jusante;
- Exposição ao risco de morte de pessoas residentes/existentes ao longo do vale a jusante;
- Impactos em APP – Área de Preservação Permanente nas faixas marginais ao leito dos cursos de água;
- Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água e irrigação nas regiões abastecidas, caso existam;
- Possíveis interrupções em acessos locais de terra;
- Inundação de áreas rurais do vale a jusante, com danos a benfeitorias e a alguns moradores;
- Assoreamento dos cursos de água a jusante das barragens, com deposição de rejeitos no leito a jusante e possível alteração da calha principal dos córregos/rios em alguns trechos;
- Destruição da camada vegetal e do habitat, remoção do solo de cobertura, deposição de rejeitos, destruição de vida animal, biota aquática, e demais prejuízos à fauna e flora características da região;
- Interrupção das operações da unidade por tempo indeterminado;
- Impactos negativos na produção e na imagem da Mosaic;
- Possíveis dificuldades para obtenção de novas licenças ambientais;
- Interrupção temporária no abastecimento de água em cidades a jusante que utilizam a água do manancial para abastecimento humano, caso existam.

Os resultados numéricos apresentados nesse estudo devem ser interpretados com discernimento e parcimônia, uma vez que os parâmetros da inundação potencial estão condicionados a uma hipótese de ruptura da barragem, regida sob premissas conservadoras, cujo hidrograma de ruptura foi propagado sobre uma base topográfica de precisão específica. Assim, cabe destacar que quaisquer alterações nas premissas ou na base de dados iniciais podem invalidar os resultados apresentados e demandar novas avaliações e revisões nos estudos.

Cabe destacar que os estudos de ruptura hipotética estão sujeitos a incertezas, como por exemplo a definição do volume mobilizado e a determinação de parâmetros reológicos, e limitações computacionais e de *software* (RiverFlow2D).

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>80/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

Por fim, de maneira geral, o presente estudo buscou utilizar as metodologias vigentes na boa prática da engenharia, de forma a indicar, por meio de hipóteses, os possíveis impactos da inundação decorrente da ruptura da Barragem BR e, por efeito cascata, das barragens BD-2, BD-5 e BRI.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>81/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

## 15.0 REFERÊNCIAS

ARATANNO, M. 2003. On the evaluation of debris flows dynamics by means of mathematical models. Natural Hazards and Earth System Sciences. Italy, p. 539-544.

BERNEDO C.E.; JULIEN P.; LEON A.; (2011). Dam Breach Analysis in Tailings Storage Facilities (TSF). World Environmental and Water Resources Congress: Bearing Knowledge for Sustainability – ASCE. 9p.

CHOW, V. 1959. Open-channel hydraulics. McGraw-Hill. New York, 1959, 680 p.

FREAD, D. L.; LEWIS, J. M., NWS FLDWAV Model: Theoretical description and user documentation, National Weather Service – NWS – NOAA, Office of Hydrology, Hydrologic Research Laboratory, Silver Springs, Maryland, 1998, 335 p.

HYDRONIA, 2016. RiverFlow2D, Two-Dimensional River Dynamics Model. Reference Manual. Pembroke Pines, Hydronia LLC, 2016, 236p.

Julien, P. Y. Erosion and Sedimentation. Cambridge University Press. Cambridge, 2010, 371 p.

LUCIA, P.C. (1981). Review of experiences with flow failures of tailings dams and waste impoundments. Ph.D. thesis, University of California, Berkeley, California.

MACHADO, N.C. 2015. Retroanálise da propagação decorrente da ruptura da Barragem do fundão com diferentes modelos numéricos e hipóteses de simulação. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, 188 p.

MARTIN, V.; FONTAINE, D.; CATHCART, J. Challenges with conducting tailings dam breach studies. Proceedings of Tailings and Mine Waste 2015 Conference, Vancouver, Canada. 2015.

MELO, L. P. R. (2013). Análise comparativa de metodologias de previsão de inundação decorrente da ruptura de barragens de rejeitos: Caso Hipotético da Barragem Tico-Tico. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 197 p.

NETO, L.V. Estudo de ruptura da barragem da Pampulha, em Belo Horizonte: Retroanálise da brecha do acidente de 1954 e ruptura hipotética nas condições atuais. 2016. 228 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, UFMG.

O'BRIEN, J. S., JULIEN, P.Y. (1985). Physical properties and mechanics of hyperconcentrated sediment flows. In: SPECIALTY CONFERENCE - DELINEATION OF LANDSLIDE, FLASH FLOOD AND DEBRIS FLOW HAZARDS IN UTAH, 1984, Logan. Proceedings... Utah: Utah State University, p. 260-279.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>82/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

RICO, M.; BENITO, G.; DíEZ-HERRERO, Floods from tailings dam failures. Journal of Hazardous Materials, v. 154, p. 79-87, October, 2007.

SILVA, W.P. Estudo do Potencial de Liquefação Estática de uma Barragem de Rejeito Alteada para Montante Aplicando a Metodologia de Olson (2001). 2010. 120 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica da UFOP) – Escola de Minas, UFOP.

USACE – U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Hydrologic Modeling System HEC-HMS: user’s manual – version 3.5. Davis: Hydrologic Engineering Center (HEC), 2010a, 318 p.

USACE – U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Davis: Hydrologic Engineering Center (HEC), 2010b, 417p.

USACE – U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Using HEC-RAS for Dam Break Studies – TD-39, Davis: Hydrologic Engineering Center (HEC), 2014.

VICK, S. (1991). Inundation risk from tailing dam flow failures. In: IX PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 1991, Santiago. Proceedings... Santiago: Sociedad Chilena de Geotecnia, 1991.

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>83/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

## 16.0 EQUIPE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO	
<b>Razão social:</b> DF + ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS <b>CNPJ:</b> 07.214.006/0001-00	<b>http:</b> www.dfmais.eng.br
<b>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</b>	

EQUIPE TÉCNICA DA DF+		
ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTA DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TÉCNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS		
TÉCNICO	ÁREA DE ATUAÇÃO	RESPONSABILIDADE NO PROJETO
Marcus Cruz	Hidrologia	Revisão dos documentos
Laura Leite	Hidrologia	Elaboração dos estudos e dos documentos
Júnio Fagundes	Geotecnia	Revisão dos documentos
Thiago Oliveira	Geotecnia	Coordenação do Projeto e Revisão dos documentos
Gissele Rocha	Geotecnia	Elaboração dos estudos e dos documentos
Flávio Carlos	Projetista	Elaboração de bases topográficas
Armando Abel	Produção gráfica	Gerenciamento e editoração

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC	PÁGINA <b>84/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

## 17.0 APÊNDICE A – MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA

Tabela A1: Lista de desenhos referentes ao mapeamento da inundação potencial máxima.

CÓDIGO DF+	TÍTULO
DF20-162-1-EG-DWG-0001	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA ARTICULAÇÃO DE FOLHAS
DF20-162-1-EG-DWG-0002	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA FOLHA 1/8
DF20-162-1-EG-DWG-0003	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA FOLHA 2/8
DF20-162-1-EG-DWG-0004	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA FOLHA 3/8
DF20-162-1-EG-DWG-0005	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA FOLHA 4/8
DF20-162-1-EG-DWG-0006	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA FOLHA 5/8
DF20-162-1-EG-DWG-0007	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA FOLHA 6/8
DF20-162-1-EG-DWG-0008	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA FOLHA 7/8
DF20-162-1-EG-DWG-0009	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA FOLHA 8/8

**ESTUDO  
BARRAGEM BR – TAPIRA  
REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

**85/87**

Nº DF+

REV.

DF20-162-1-EG-RTE-0001

**0**

CÓDIGO DF+	TÍTULO
DF20-162-1-EG-DWG-0010	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS ARTICULAÇÃO DE FOLHAS
DF20-162-1-EG-DWG-0011	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS FOLHA 1/4
DF20-162-1-EG-DWG-0012	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS FOLHA 2/4
DF20-162-1-EG-DWG-0013	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS FOLHA 3/4
DF20-162-1-EG-DWG-0014	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS FOLHA 4/4
DF20-162-1-EG-DWG-0015	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS ARTICULAÇÃO DE FOLHAS
DF20-162-1-EG-DWG-0016	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS FOLHA 1/4
DF20-162-1-EG-DWG-0017	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS FOLHA 2/4
DF20-162-1-EG-DWG-0018	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS FOLHA 3/4
DF20-162-1-EG-DWG-0019	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS FOLHA 4/4

**ESTUDO  
BARRAGEM BR – TAPIRA  
REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
RELATÓRIO TÉCNICO**

Nº MOSAIC

PÁGINA

**86/87**

Nº DF+

REV.

DF20-162-1-EG-RTE-0001

**0**

CÓDIGO DF+	TÍTULO
DF20-162-1-EG-DWG-0020	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO ARTICULAÇÃO DE FOLHAS
DF20-162-1-EG-DWG-0021	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO FOLHA 1/4
DF20-162-1-EG-DWG-0022	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO FOLHA 2/4
DF20-162-1-EG-DWG-0023	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO FOLHA 3/4
DF20-162-1-EG-DWG-0024	ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO FOLHA 4/4
 <b>DBRK_BR_EL.1210m_</b> <b>PP.kmz</b>	KMZ – MANCHA DE INUNDAÇÃO BARRAGEM BR – EL. 1.210 m

	 DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS	<b>COMPLEXO DE MINERAÇÃO DE TAPIRA</b>	
<b>ESTUDO BARRAGEM BR – TAPIRA REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m RELATÓRIO TÉCNICO</b>		Nº MOSAIC  	PÁGINA <b>87/87</b>
		Nº DF+ DF20-162-1-EG-RTE-0001	REV. <b>0</b>

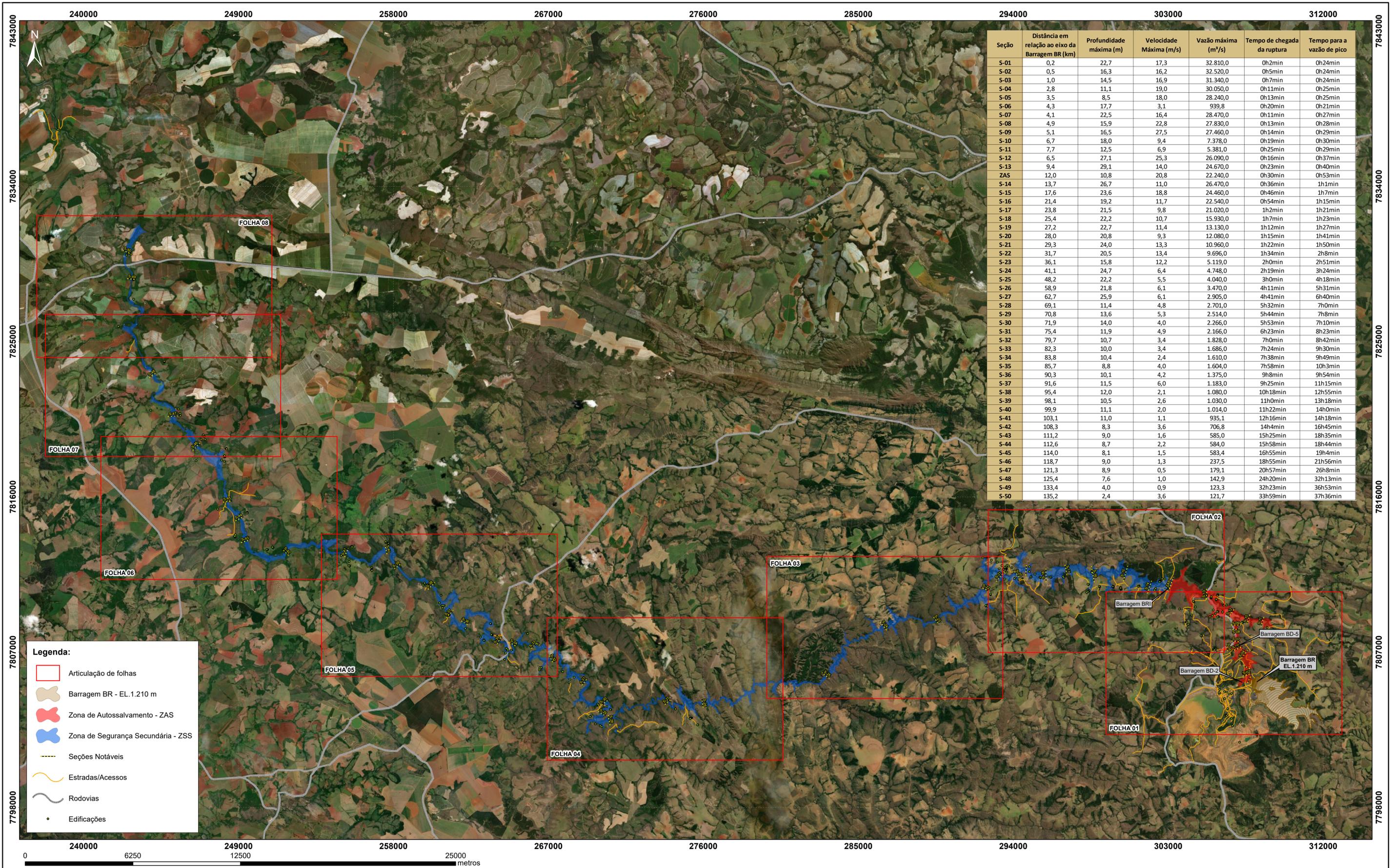
## 18.0 ANEXOS

 <b>Rejeito da Barragem BR - Amostra 01 (Pon</b>	<b>ANEXO I - Rejeito da Barragem BR - Amostra 01 (Ponto dentro da Barragem)</b>  Formato: PDF
 <b>Rejeito da Barragem BR - Amostra 02 (Pon</b>	<b>ANEXO II - Rejeito da Barragem BR - Amostra 02 (Ponto dentro da Barragem)</b>  Formato: PDF
 <b>TOPOBATIMETRIA BR CMT part 1 - MARÇO</b>	<b>ANEXO III - TOPOBATIMETRIA BR CMT part 1 - MARÇO 2020</b>  Formato: DWG
 <b>TOPOBATIMETRIA BR CMT part 2 - MARÇO</b>	<b>ANEXO IV - TOPOBATIMETRIA BR CMT part 2 - MARÇO 2020</b>  Formato: DWG



DF+ ENGENHARIA GEOTÉCNICA  
E RECURSOS HÍDRICOS

Barão Homem de Melo, 4554, 4° / 5° andar  
Estoril, Belo Horizonte/MG CEP:30494-270  
Fone: 31-2519-1001 / Fax: 31-2519-1002

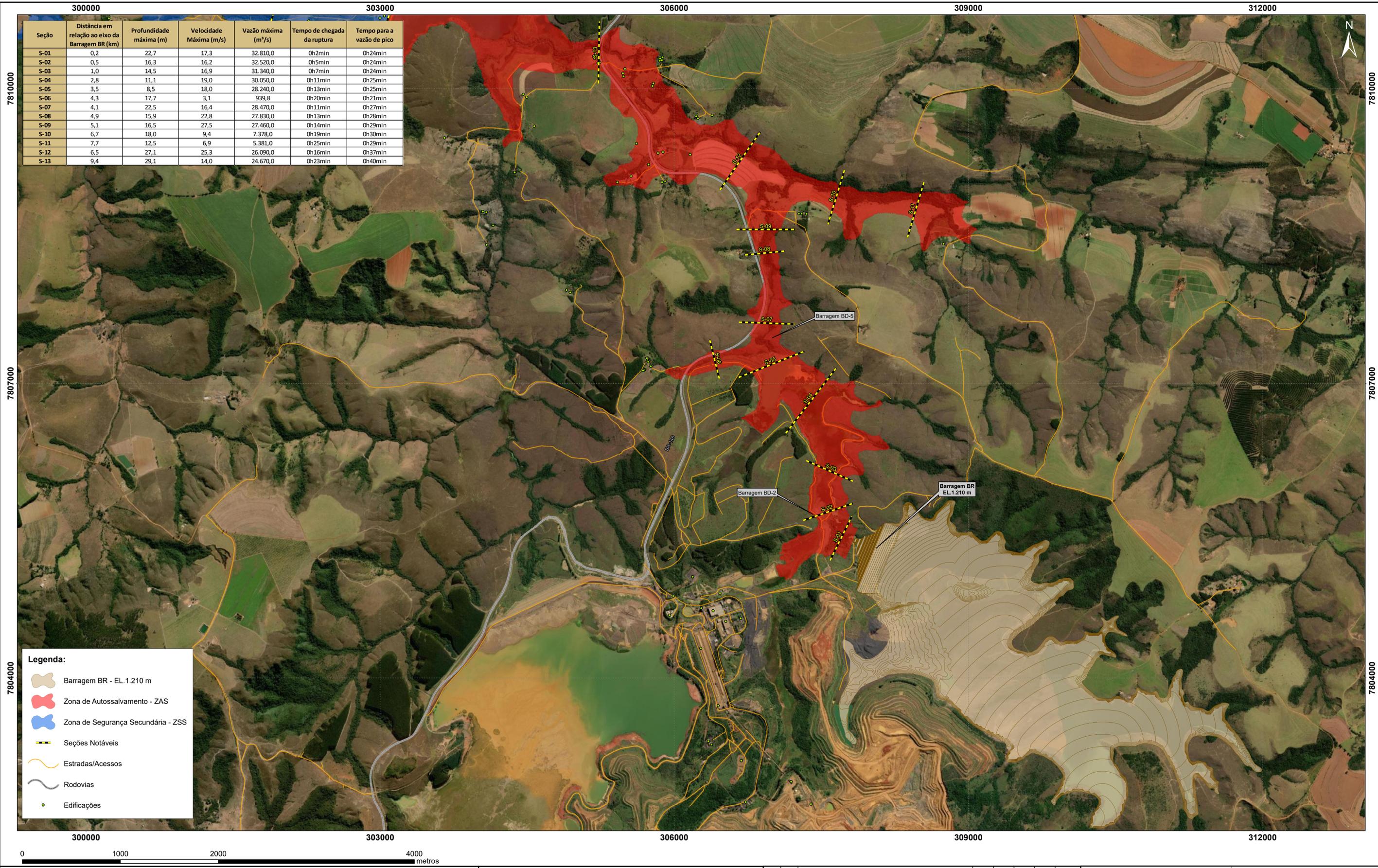


Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-01	0,2	22,7	17,3	32.810,0	0h2min	0h24min
S-02	0,5	16,3	16,2	32.520,0	0h5min	0h24min
S-03	1,0	14,5	16,9	31.340,0	0h7min	0h24min
S-04	2,8	11,1	19,0	30.050,0	0h11min	0h25min
S-05	3,5	8,5	18,0	28.240,0	0h13min	0h25min
S-06	4,3	17,7	3,1	999,8	0h20min	0h21min
S-07	4,1	22,5	16,4	28.470,0	0h11min	0h27min
S-08	4,9	15,9	22,8	27.830,0	0h13min	0h28min
S-09	5,1	16,5	27,5	27.460,0	0h14min	0h29min
S-10	6,7	18,0	9,4	7.378,0	0h19min	0h30min
S-11	7,7	12,5	6,9	5.381,0	0h25min	0h29min
S-12	6,5	27,1	25,3	26.090,0	0h16min	0h37min
S-13	9,4	29,1	14,0	24.670,0	0h23min	0h40min
ZAS	12,0	10,8	20,8	22.240,0	0h30min	0h53min
S-14	13,7	26,7	11,0	26.470,0	0h36min	1h1min
S-15	17,6	23,6	18,8	24.460,0	0h46min	1h7min
S-16	21,4	19,2	11,7	22.540,0	0h54min	1h15min
S-17	23,8	21,5	9,8	21.020,0	1h2min	1h21min
S-18	25,4	22,2	10,7	15.930,0	1h7min	1h23min
S-19	27,2	22,7	11,4	13.130,0	1h12min	1h27min
S-20	28,0	20,8	9,3	12.080,0	1h15min	1h41min
S-21	29,3	24,0	13,3	10.960,0	1h22min	1h50min
S-22	31,7	20,5	13,4	9.696,0	1h34min	2h8min
S-23	36,1	15,8	12,2	5.119,0	2h0min	2h51min
S-24	41,1	24,7	6,4	4.748,0	2h19min	3h24min
S-25	48,2	22,2	5,5	4.040,0	3h0min	4h18min
S-26	58,9	21,8	6,1	3.470,0	4h11min	5h31min
S-27	62,7	25,9	6,1	2.905,0	4h41min	6h40min
S-28	69,1	11,4	4,8	2.701,0	5h32min	7h0min
S-29	70,8	13,6	5,3	2.514,0	5h44min	7h8min
S-30	71,9	14,0	4,0	2.266,0	5h53min	7h10min
S-31	75,4	11,9	4,9	2.166,0	6h23min	8h23min
S-32	79,7	10,7	3,4	1.828,0	7h0min	8h42min
S-33	82,3	10,0	3,4	1.686,0	7h24min	9h30min
S-34	83,8	10,4	2,4	1.610,0	7h38min	9h49min
S-35	85,7	8,8	4,0	1.604,0	7h58min	10h3min
S-36	90,3	10,1	4,2	1.375,0	9h8min	9h54min
S-37	91,6	11,5	6,0	1.183,0	9h25min	11h15min
S-38	95,4	12,0	2,1	1.080,0	10h18min	12h55min
S-39	98,1	10,5	2,6	1.030,0	11h0min	13h18min
S-40	99,9	11,1	2,0	1.014,0	11h22min	14h0min
S-41	103,1	11,0	1,1	935,1	12h16min	14h18min
S-42	108,3	8,3	3,6	706,8	14h4min	16h45min
S-43	111,2	9,0	1,6	585,0	15h25min	18h35min
S-44	112,6	8,7	2,2	584,0	15h58min	18h44min
S-45	114,0	8,1	1,5	583,4	16h55min	19h4min
S-46	118,7	9,0	1,3	237,5	18h55min	21h56min
S-47	121,3	8,9	0,5	179,1	20h57min	26h8min
S-48	125,4	7,6	1,0	142,9	24h20min	32h13min
S-49	133,4	4,0	0,9	123,3	32h23min	36h53min
S-50	135,2	2,4	3,6	121,7	33h59min	37h36min

**Legenda:**

- Articulação de folhas
- Barragem BR - EL. 1.210 m
- Zona de Autossalvamento - ZAS
- Zona de Segurança Secundária - ZSS
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

NOTAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA		REVISÕES		REVISÃO																						
<p>1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-4 E BR1. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.</p> <p>2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOFISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.</p> <p>3 - ENVOZINHA DE INUNDAÇÃO DEFINIDA A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE ORBITAIS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.</p> <p>5 - O TEMPO DE CHEGADA DA ONDA, ADOPTADO PELA DFC, CORRESPONDE AO TEMPO EM QUE A VAZÃO NA SEÇÃO DE REFERÊNCIA DEIXA DE SER NULA.</p> <p>6 - A INTERRUPTÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.</p>	<p>7 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONA LLC (EUA).</p> <p>8 - NA COMPOSIÇÃO DESTES MAPAS FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.</p> <p>9 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.</p> <p>10 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA. UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL, ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>11 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.</p> <p>12 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS84.</p> <p>13 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.</p> <p>14 - A ZAS - ZONA DE AUTOSSALVAMENTO, INDICADA NESTE MAPA DE INUNDAÇÃO, CORRESPONDE À ÁREA NA QUAL DEVERÁ SER INSTALADO SISTEMA DE AVISOS SONOROS (SINISER) POR CONSIDERAR NÃO HAVER TEMPO HÁBIL PARA AÇÃO DAS EQUIPES DE RESGATE.</p>	<p>1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">REV.</td> <td style="width: 5%;">TÉ.</td> <td style="width: 40%;">DESCRIÇÃO</td> <td style="width: 10%;">PROJ.</td> <td style="width: 10%;">DES.</td> <td style="width: 10%;">VER.</td> <td style="width: 10%;">APR.</td> <td style="width: 10%;">DATA</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>C</td> <td>APROVADO</td> <td>LL</td> <td>LL</td> <td>MC/TO</td> <td>TO</td> <td>17/09/20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>EMISSION INICIAL</td> <td>LL</td> <td>LL</td> <td>MC/TO</td> <td>TO</td> <td>28/08/20</td> </tr> </table>	REV.	TÉ.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA	0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20	A	B	EMISSION INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20	<p style="text-align: center;"><b>Mosaic</b> Fortilizaros</p> <p style="text-align: right;"><b>DFC</b> DF - ENGENHARIA GEOTÉCNICA E RECURSOS HÍDRICOS</p> <p>PROJETO: REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m</p> <p>ESTUDO: BARRAGEM BR - TAPIRA</p> <p>REVISÃO DO ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</p> <p>MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA</p> <p>ARTICULAÇÃO DE FOLHAS</p> <p>ESCALA: 1:100.000</p> <p>Nº CONTRATADA: DF20-162-1-EG-DWG-0001</p> <p>Nº MOSAIC: -</p> <p>REVISÃO: 0</p>
REV.	TÉ.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA																					
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20																					
A	B	EMISSION INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20																					



Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-01	0,2	22,7	17,3	32.810,0	0h2min	0h24min
S-02	0,5	16,3	16,2	32.520,0	0h5min	0h24min
S-03	1,0	14,5	16,9	31.340,0	0h7min	0h24min
S-04	2,8	11,1	19,0	30.050,0	0h11min	0h25min
S-05	3,5	8,5	18,0	28.240,0	0h13min	0h25min
S-06	4,3	17,7	3,1	939,8	0h20min	0h21min
S-07	4,1	22,5	16,4	28.470,0	0h11min	0h27min
S-08	4,9	15,9	22,8	27.830,0	0h13min	0h28min
S-09	5,1	16,5	27,5	27.460,0	0h14min	0h29min
S-10	6,7	18,0	9,4	7.378,0	0h19min	0h30min
S-11	7,7	12,5	6,9	5.381,0	0h25min	0h29min
S-12	6,5	27,1	25,3	26.090,0	0h16min	0h37min
S-13	9,4	29,1	14,0	24.670,0	0h23min	0h40min

**Legenda:**

- Barragem BR - EL. 1.210 m
- Zona de Autossalvamento - ZAS
- Zona de Segurança Secundária - ZSS
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-5 E BR. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.

2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.

3 - ENVOLVIMENTO DE INUNDAÇÃO DEFINIDA A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALUQUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE ORBITAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.

5 - O TEMPO DE CHEGADA DA ONDA, ADOPTADO PELA DPT, CORRESPONDE AO TEMPO EM QUE A VAZÃO NA SEÇÃO DE REFERÊNCIA DEIXA DE SER NULA.

6 - A INTERRUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

7 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONA LLC (EUA).

8 - NA COMPOSIÇÃO DESTES MAPAS FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.

9 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.

10 - OS ESTUDOS DEVEEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

11 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SEÇÃO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.

12 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS84.

13 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

14 - A ZAS - ZONA DE AUTOSSALVAMENTO, INDICADA NESTE MAPA DE INUNDAÇÃO, CORRESPONDE À ÁREA NA QUAL DEVERÁ SER INSTALADO SISTEMA DE AVISOS SONOROS (SINERES) POR CONSIDERAR NÃO HAVER TEMPO HÁVEL PARA AÇÃO DAS EQUIPES DE RESGATE.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.

REV.	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20

**REVISÕES**

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**  
Fortilizantes

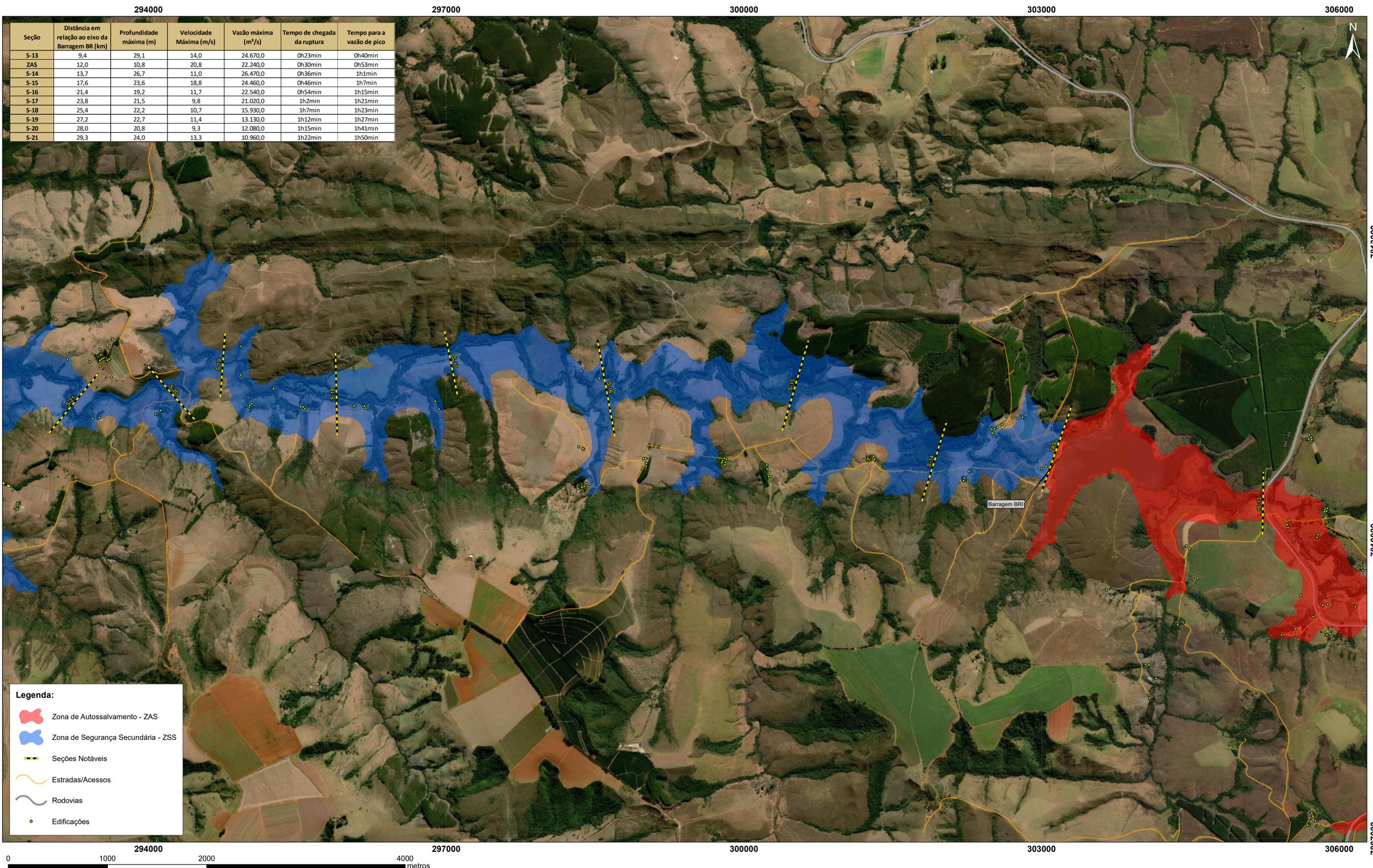
**PROJETO**  
REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

**ESTUDO**  
BARRAGEM BR - TAPIRA  
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA  
FOLHA 1/8

ESCALA: 1:17.500  
Nº CONTRATADA: DF20-162-1-EG-DWG-0002

Nº DO PROJETO: -  
Nº DA SE: -

Nº MOSAIC: -  
REVISÃO: 0



Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-13	9,4	29,1	14,0	24.670,0	0h23min	0h40min
ZAS	12,0	10,8	20,8	22.240,0	0h30min	0h53min
S-14	13,7	26,7	11,0	26.470,0	0h36min	1h1min
S-15	17,6	23,6	18,8	24.460,0	0h46min	1h7min
S-16	21,4	19,2	11,7	22.540,0	0h54min	1h15min
S-17	23,8	21,5	9,8	21.020,0	1h2min	1h21min
S-18	25,4	22,2	10,7	15.930,0	1h7min	1h23min
S-19	27,2	22,7	11,4	13.130,0	1h12min	1h27min
S-20	28,0	20,8	9,3	12.080,0	1h15min	1h41min
S-21	29,3	24,0	13,3	10.960,0	1h22min	1h50min

**Legenda:**

- Zona de Autossalvamento - ZAS
- Zona de Segurança Secundária - ZSS
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BO-2, BO-5 E BR1, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.

2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.

3 - ENVOLVIMENTOS DE INUNDAÇÃO DEFINIDA A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEJE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.

5 - O TEMPO DE CHEGADA DA ONDA, ADOPTADO PELA DTA, CORRESPONDE AO TEMPO EM QUE A VAZÃO NA SEÇÃO DE REFERÊNCIA DEIXA DE SER NULA.

6 - A INTERRUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

7 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONA LLC (EUA).

8 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARC GIS 10.0.

9 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.

10 - OS ESTUDOS DEVEEM SER INTERPRETADOS COM DISCRERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

11 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SEÇÃO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.

12 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS84.

13 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

14 - A ZAS - ZONA DE AUTOSSALVAMENTO, INDICADA NESTE MAPA DE INUNDAÇÃO, CORRESPONDE À ÁREA NA QUAL DEVERÁ SER INSTALADO SISTEMA DE AVISOS SONOROS (SINERES) POR CONSIDERAR NÃO HAVER TEMPO HÁBIL PARA AÇÃO DAS EQUIPES DE RESGATE.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.

REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMIÇÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20

**Mosaic Fortilizaros**

**PROJETO**  
REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

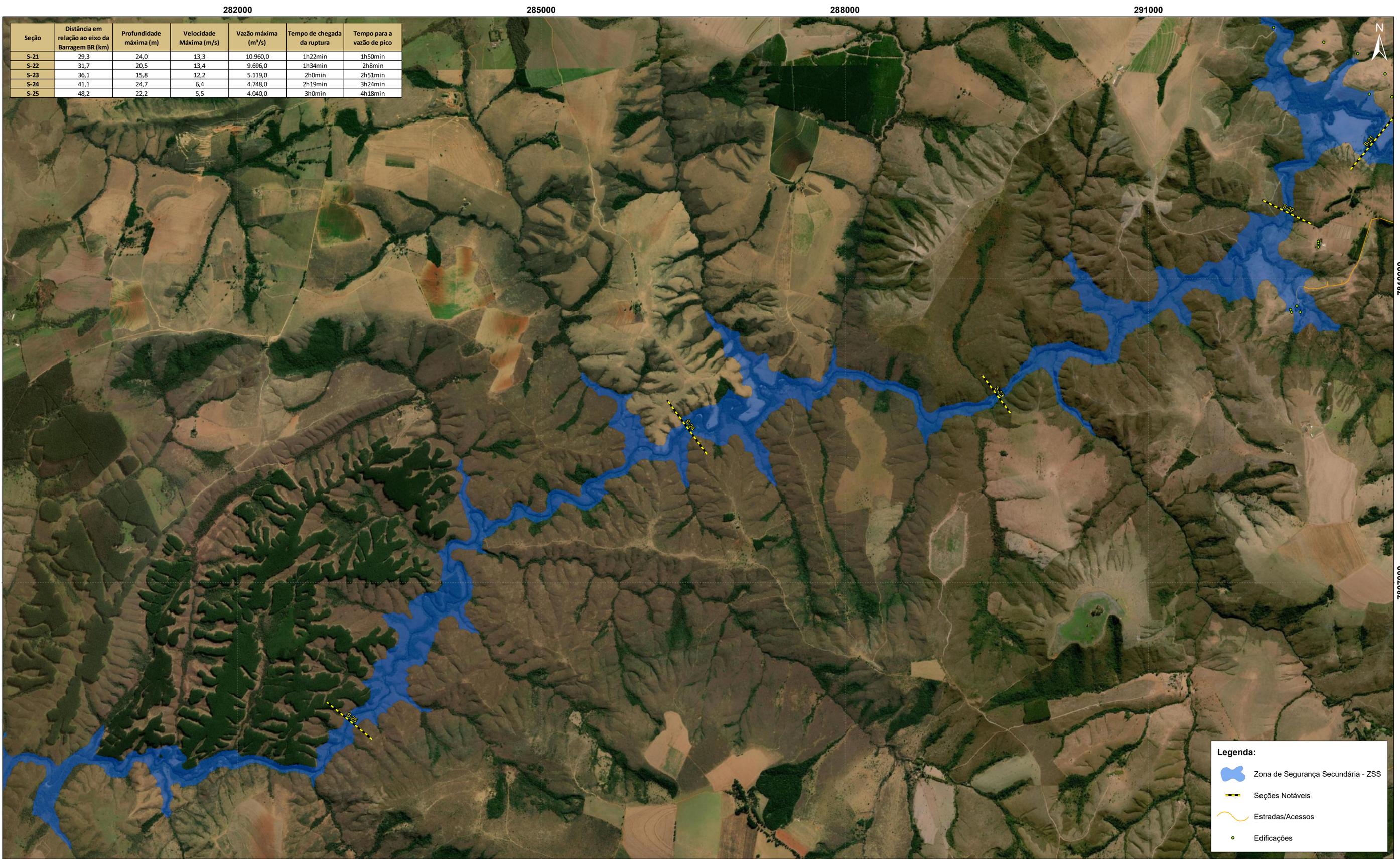
**ESTUDO**  
BARRAGEM BR - TAPIRA  
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA  
FOLHA 2/8

**ESCALA**  
1:17.500

**Nº CONTRATADA**  
DF20-162-1-EG-DWG-0003

**Nº MOSAIC**  
-

**REVISÃO**  
0



Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-21	29,3	24,0	13,3	10.960,0	1h22min	1h50min
S-22	31,7	20,5	13,4	9.696,0	1h34min	2h8min
S-23	36,1	15,8	12,2	5.119,0	2h0min	2h51min
S-24	41,1	24,7	6,4	4.748,0	2h19min	3h24min
S-25	48,2	22,2	5,5	4.040,0	3h0min	4h18min

7810000

7807000

7810000

7807000



**Legenda:**

- Zona de Segurança Secundária - ZSS
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Edificações

**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BO-2, BO-4 E BR1. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.  
 2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.  
 3 - ENVOLVIMENTO DE INUNDAÇÃO DEFINIDA A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.  
 4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEGUE TRAÇADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.  
 5 - O TEMPO DE CHEGADA DA ONDA, ADOPTADO PELA DTA, CORRESPONDE AO TEMPO EM QUE A VAZÃO NA SEÇÃO DE REFERÊNCIA DEIXA DE SER NULA.  
 6 - A INTERRUPTÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

7 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONA LLC (EUA).  
 8 - NA COMPOSIÇÃO DESTES MAPAS FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.  
 9 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.  
 10 - OS ESTUDOS DEVEEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.  
 11 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SEÇÃO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.  
 12 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS84.  
 13 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.
--

REV.	TÉ.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMISSIONAL INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20

PROJETO: REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

Nº DO PROJETO: -

Nº DA SE: -

**ESTUDO**  
 BARRAGEM BR - TAPIRA  
 ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
 MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA  
 FOLHA 3/8

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
1:17.500	DF20-162-1-EG-DWG-0004	-	0

267000

270000

273000

276000

279000

Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-26	58,9	21,8	6,1	3.470,0	4h11min	5h31min
S-27	62,7	25,9	6,1	2.905,0	4h41min	6h40min
S-28	69,1	11,4	4,8	2.701,0	5h32min	7h0min
S-29	70,8	13,6	5,3	2.514,0	5h44min	7h8min
S-30	71,9	14,0	4,0	2.266,0	5h53min	7h10min
S-31	75,4	11,9	4,9	2.166,0	6h23min	8h23min
S-32	79,7	10,7	3,4	1.828,0	7h0min	8h42min

7807000

7807000

7804000

7804000

267000

270000

273000

276000

279000



**Legenda:**

- Zona de Segurança Secundária - ZSS
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Edificações

**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BO-2, BO-4 E BR1. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.

2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.

3 - ENFOQUE DA INUNDAÇÃO DEFINIDA A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEGE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.

5 - O TEMPO DE CHEGADA DA ONDA, ADOPTADO PELA DPA, CORRESPONDE AO TEMPO EM QUE A VAZÃO NA SEÇÃO DE REFERÊNCIA DEIXA DE SER NULA.

6 - A INTERRUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

7 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONA LLC (EUA).

8 - NA COMPOSIÇÃO DESTES MAPAS FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.

9 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.

10 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCRIMINAMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PRESSUMIÇÕES APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

11 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SECC, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.

12 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS84.

13 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.

REV.	TÉ.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMIÇÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20

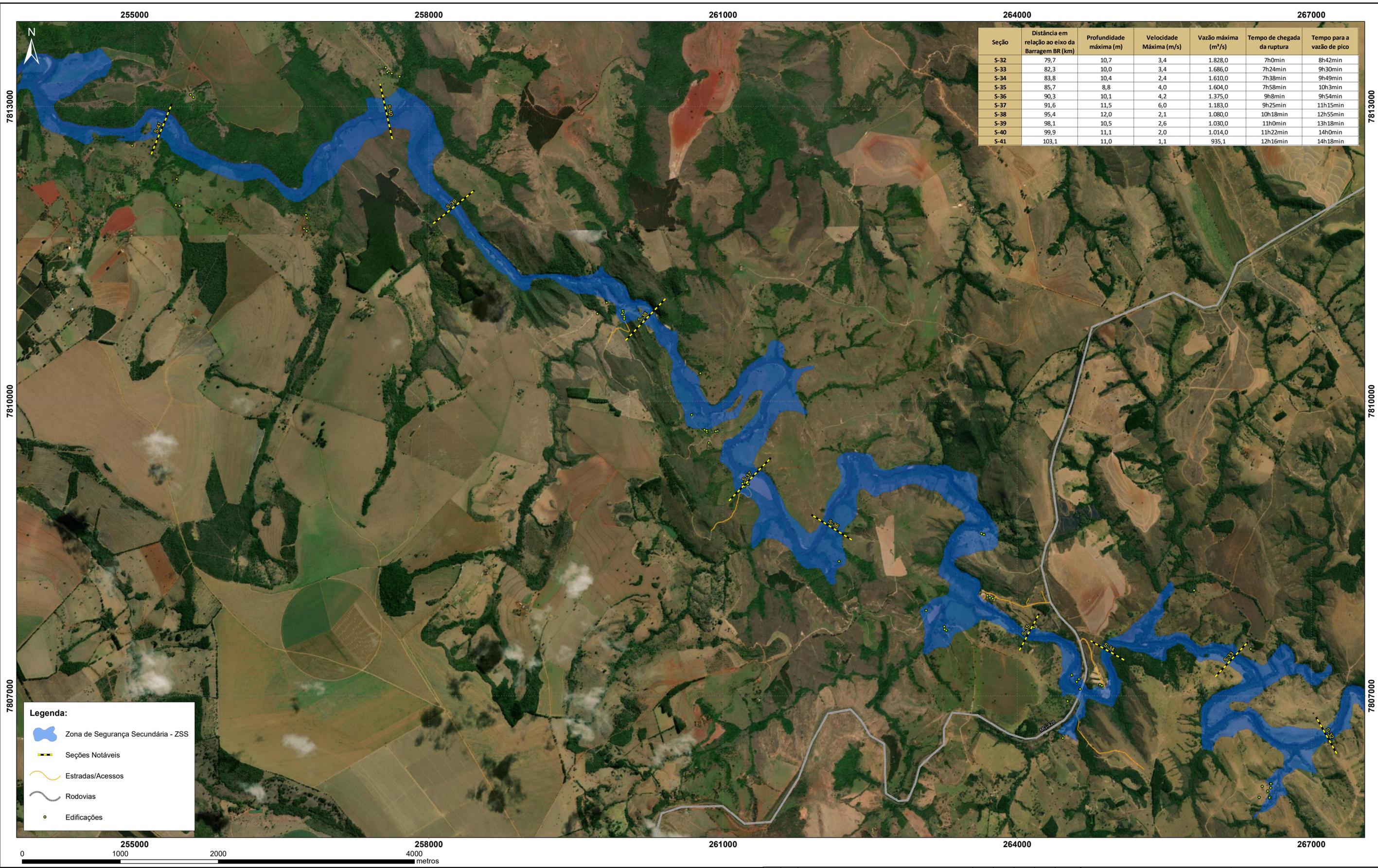
**REVISÕES**

TÉ.	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

PROJETO		REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m		Nº DO PROJETO	-	Nº DA SE	-
ESTUDO		BARRAGEM BR - TAPIRA					
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m		MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA					
FOLHA 4/8							
ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO				
1:17.500	DF20-162-1-EG-DWG-0005	-	0				

**Mosaic**  
Fortilizantes

**ENGENHARIA GEOTÉCNICA E GEOLÓGICA**



Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-32	79,7	10,7	3,4	1.828,0	7h0min	8h42min
S-33	82,3	10,0	3,4	1.686,0	7h24min	9h30min
S-34	83,8	10,4	2,4	1.610,0	7h38min	9h49min
S-35	85,7	8,8	4,0	1.604,0	7h58min	10h3min
S-36	90,3	10,1	4,2	1.375,0	9h8min	9h54min
S-37	91,6	11,5	6,0	1.183,0	9h25min	11h15min
S-38	95,4	12,0	2,1	1.080,0	10h18min	12h55min
S-39	98,1	10,5	2,6	1.030,0	11h0min	13h18min
S-40	99,9	11,1	2,0	1.014,0	11h22min	14h0min
S-41	103,1	11,0	1,1	935,1	12h16min	14h18min

**Legenda:**

- Zona de Segurança Secundária - ZSS
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações



NOTAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA		Mosaic Fortilizar		PROJETO		REVISÃO			
<p>1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BO-2, BO-5 E BR1. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.</p> <p>2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.</p> <p>3 - ENVOLVIMENTOS DE INUNDAÇÃO DEFINIDA A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEGE TRAÇADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.</p> <p>5 - O TEMPO DE CHEGADA DA ONDA, ADOPTADO PELA DFM, CORRESPONDE AO TEMPO EM QUE A VAZÃO NA SEÇÃO DE REFERÊNCIA DEIXA DE SER NULA.</p> <p>6 - A INTERRUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.</p>		<p>7 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONA LLC (EUA).</p> <p>8 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARC GIS 10.0.</p> <p>9 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.</p> <p>10 - OS ESTUDOS DEVEEM SER INTERPRETADOS COM DISCRERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>11 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SEÇÃO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.</p> <p>12 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.</p> <p>13 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.</p>		<p>1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p>		<p>PROJETO REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m</p> <p>Nº DO PROJETO - Nº DA SE -</p>		<p>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</p> <p>MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA</p> <p>FOLHA 5/8</p>		<p>REVISÃO 0</p>	
<p>0 C APROVADO</p> <p>A B EMISSÃO INICIAL</p> <p>REV. T.E. DESCRIÇÃO PROJ. DES. VER. APR. DATA</p>		<p>LL LL MC/TO TO 17/09/20</p> <p>LL LL MC/TO TO 28/08/20</p>		<p>ESCALA 1:17.500</p> <p>Nº CONTRATADA DF20-162-1-EG-DWG-0006</p> <p>Nº MOSAIC -</p>		<p>REVISÃO 0</p>					
<p>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</p>		<p>REVISÕES</p>		<p>ESCALA 1:17.500</p> <p>Nº CONTRATADA DF20-162-1-EG-DWG-0006</p> <p>Nº MOSAIC -</p>		<p>REVISÃO 0</p>					



Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-42	108,3	8,3	3,6	706,8	14h4min	16h45min
S-43	111,2	9,0	1,6	585,0	15h25min	18h35min
S-44	112,6	8,7	2,2	584,0	15h58min	18h44min
S-45	114,0	8,1	1,5	583,4	16h55min	19h4min
S-46	118,7	9,0	1,3	237,5	18h55min	21h56min

**Legenda:**

- Zona de Segurança Secundária - ZSS
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Edificações



**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BO-2, BO-5 E BR1, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.

2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE À JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.

3 - ENVOLVIMENTO DE INUNDAÇÃO DEFINIDA A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.

5 - O TEMPO DE CHEGADA DA ONDA, ADOPTADO PELA DFI, CORRESPONDE AO TEMPO EM QUE A VAZÃO NA SEÇÃO DE REFERÊNCIA DEIXA DE SER NULA.

6 - A INTERRUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

7 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONA LLC (EUA).

8 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.

9 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.

10 - OS ESTUDOS DEVEEM SER INTERPRETADOS COM DISCRIMINAMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIÃO SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

11 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SEÇÃO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE À JUSANTE.

12 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.

13 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.

REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20

**REVISÕES**

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 Fortilizantes**

**PROJETO**  
REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

**Nº DO PROJETO**  
-

**Nº DA SE**  
-

**ESTUDO**  
BARRAGEM BR - TAPIRA

**ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m**

**MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA**

**FOLHA 6/8**

**ESCALA**  
1:17.500

**Nº CONTRATADA**  
DF20-162-1-EG-DWG-0007

**Nº MOSAIC**  
-

**REVISÃO**  
0



Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-46	118,7	9,0	1,3	237,5	18h55min	21h56min
S-47	121,3	8,9	0,5	179,1	20h57min	26h8min
S-48	125,4	7,6	1,0	142,9	24h20min	32h13min

**Legenda:**

- Zona de Segurança Secundária - ZSS
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Edificações



NOTAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA		Mosaic Fortilzantes		PROJETO		REVISÃO			
<p>1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BO-2, BO-5 E BR1, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.</p> <p>2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOTILIZAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.</p> <p>3 - ENVOLVIMENTO DE INUNDAÇÃO DEFINIDA A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALUQUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.</p> <p>5 - O TEMPO DE CHEGADA DA ONDA, ADOPTADO PELA DTA, CORRESPONDE AO TEMPO EM QUE A VAZÃO NA SEÇÃO DE REFERÊNCIA DEIXA DE SER NULA.</p> <p>6 - A INTERRUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.</p>		<p>7 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONA LLC (EUA).</p> <p>8 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.</p> <p>9 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.</p> <p>10 - OS ESTUDOS DEVEEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>11 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SEÇÃO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.</p> <p>12 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS84.</p> <p>13 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.</p>		<p>1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p>		<p>PROJETO REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m</p> <p>Nº DO PROJETO - - Nº DA SE - -</p>		<p>ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA FOLHA 7/8</p>		<p>ESCALA 1:17.500 Nº CONTRATADA DF20-162-1-EG-DWG-0008 Nº MOSAIC - REVISÃO 0</p>	
<p>0 C APROVADO</p> <p>A B EMISSÃO INICIAL</p>		<p>LL LL MC/TO TO 17/09/20</p> <p>LL LL MC/TO TO 28/08/20</p>		<p>REV. T.E. DESCRIÇÃO PROJ. DES. VER. APR. DATA</p>		<p>REVISÕES</p>		<p>ESCALA 1:17.500 Nº CONTRATADA DF20-162-1-EG-DWG-0008 Nº MOSAIC - REVISÃO 0</p>			
<p>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</p>											



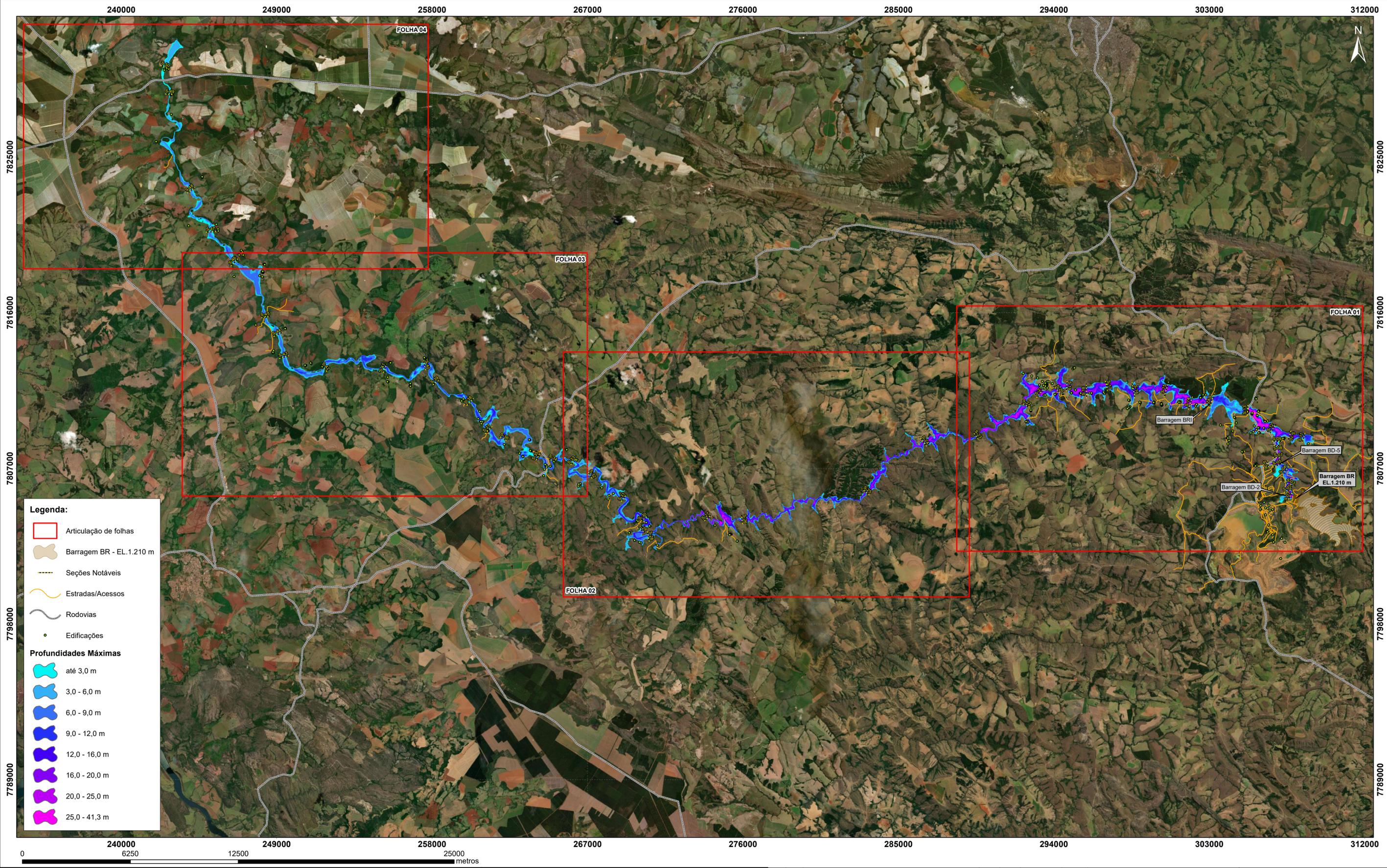
Seção	Distância em relação ao eixo da Barragem BR (km)	Profundidade máxima (m)	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão máxima (m³/s)	Tempo de chegada da ruptura	Tempo para a vazão de pico
S-49	133,4	4,0	0,9	123,3	32h23min	36h53min
S-50	135,2	2,4	3,6	121,7	33h59min	37h36min

**Legenda:**

- Zona de Segurança Secundária - ZSS
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações



NOTAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA		Mosaik Fortilizantes		PROJETO		REVISÃO			
<p>1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BO-2, BO-5 E BR1, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.</p> <p>2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SENSIBILIZAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.</p> <p>3 - ENVOLVIMENTOS DE INUNDAÇÃO DEFINIDA A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO, APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.</p> <p>5 - O TEMPO DE CHEGADA DA ONDA, ADOPTADO PELA DTA, CORRESPONDE AO TEMPO EM QUE A VAZÃO NA SEÇÃO DE REFERÊNCIA DEIXA DE SER NULA.</p> <p>6 - A INTERRUPTURA DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.</p>		<p>7 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONA LLC (EUA).</p> <p>8 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.</p> <p>9 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.</p> <p>10 - OS ESTUDOS DEVEEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>11 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SEÇÃO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.</p> <p>12 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS84.</p> <p>13 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.</p>		<p>1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p>		<p>PROJETO</p> <p>REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m</p> <p>Nº DO PROJETO</p> <p>Nº DA SE</p>		<p>ESTUDO</p> <p>BARRAGEM BR - TAPIRA</p> <p>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</p> <p>MAPEAMENTO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA</p> <p>FOLHA 8/8</p>		<p>ESCALA</p> <p>1:17.500</p> <p>Nº CONTRATADA</p> <p>DF20-162-1-EG-DWG-0009</p> <p>Nº MOSAIC</p> <p>-</p> <p>REVISÃO</p> <p>0</p>	
<p>0 C APROVADO</p> <p>A B EMISSÃO INICIAL</p>		<p>LL LL MC/TO TO</p> <p>17/09/20 28/08/20</p>		<p>PROJ. DES. VER. APR. DATA</p>		<p>REVISÕES</p>		<p>TIPO DE EMISSÃO</p> <p>(A) PRELIMINAR (B) PARA APROVAÇÃO (C) PARA CONHECIMENTO (D) PARA COTAÇÃO (E) PARA CONSTRUÇÃO (F) CONFORME COMPRADO (G) CONFORME CONSTRUÍDO (H) CANCELADO</p>			



**Legenda:**

- Articulação de folhas
- Barragem BR - EL. 1.210 m
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

**Profundidades Máximas**

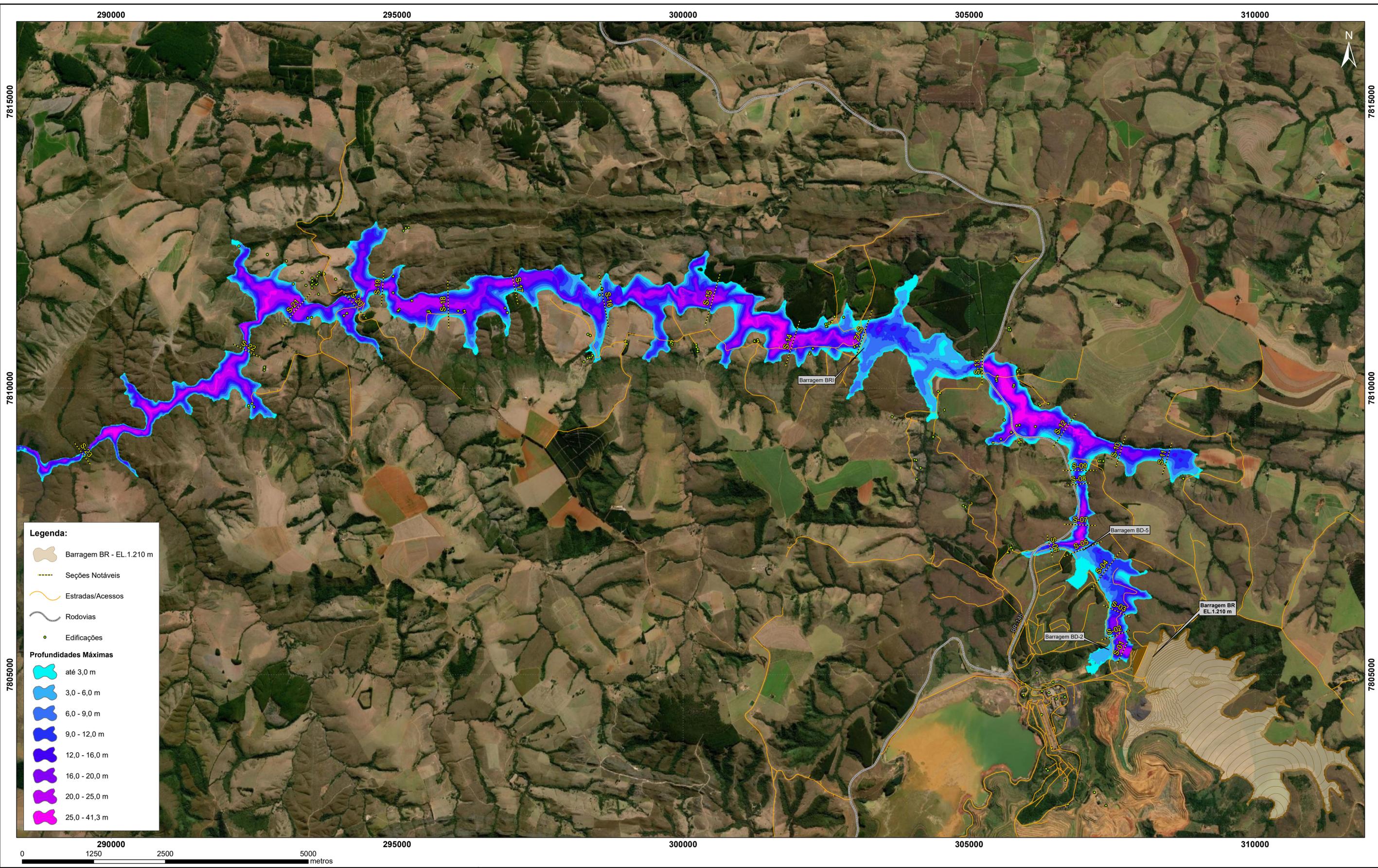
- até 3,0 m
- 3,0 - 6,0 m
- 6,0 - 9,0 m
- 9,0 - 12,0 m
- 12,0 - 16,0 m
- 16,0 - 20,0 m
- 20,0 - 25,0 m
- 25,0 - 41,3 m

NOTAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA		REVISÕES		REVISÕES		REVISÕES	
<p>1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-5 E BRI, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.</p> <p>2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOFISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.</p> <p>3 - MAPEAMENTO DE PROFUNDIDADES DEFINIDO A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEGUE TRAÇADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.</p> <p>5 - A INTERFERÊNCIA DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIDROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.</p> <p>6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BI-DIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).</p>	<p>7 - NA COMPOSIÇÃO DESTES MAPAS FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.</p> <p>8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.</p> <p>9 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.</p> <p>11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.</p> <p>12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.</p>	<p>1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p>							
REV.	TÉ.	DESCRÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA		
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20		
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20		

**Mosaic**  
Fortilizaros

INSTITUTO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

<p>PROJETO: ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</p> <p>REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m</p>	<p>Nº DO PROJETO</p> <p style="text-align: center;">-</p>	<p>Nº DA SE</p> <p style="text-align: center;">-</p>
<p>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</p> <p>MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS</p> <p>ARTICULAÇÃO DE FOLHAS</p>		
<p>ESCALA: 1:100.000</p>	<p>Nº CONTRATADA: DF20-162-1-EG-DWG-0010</p>	<p>Nº MOSAIC: -</p>
		<p>REVISÃO: 0</p>



**NOTAS**

- ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-5 E BRI, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.
- A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.
- MARFAMENTO DE PROFUNDIDADES DEFINIDO A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.
- EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE ORBITAIS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.
- A INTERUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIGROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.
- AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).
- NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.
- OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MARFAMENTO E PROVAVELMENTE TERIA EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.
- OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.
- SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO O VAZÃO SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.
- PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.
- ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.
--

0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20
REV. T.E.		DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
REVISÕES							
T.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO			
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO			

**Mosaic Fortilizaros**

PROJETO: REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

ESTUDO: BARRAGEM BR - TAPIRA

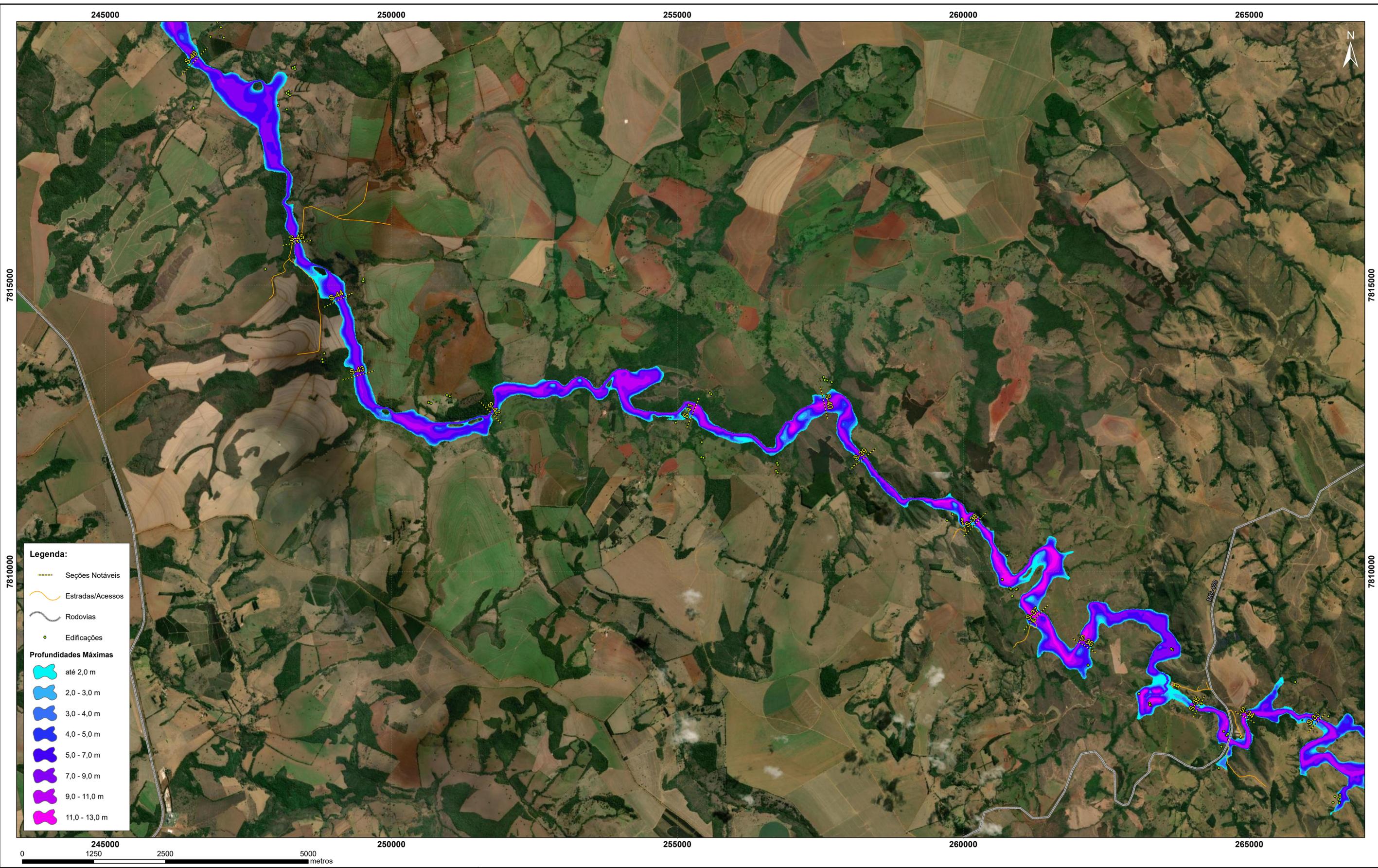
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m

MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS

FOLHA 1/4

ESCALA	Nº CONTRATADA	Nº MOSAIC	REVISÃO
1:30.000	DF20-162-1-EG-DWG-0011	-	0





**Legenda:**

- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

**Profundidades Máximas**

- até 2,0 m
- 2,0 - 3,0 m
- 3,0 - 4,0 m
- 4,0 - 5,0 m
- 5,0 - 7,0 m
- 7,0 - 9,0 m
- 9,0 - 11,0 m
- 11,0 - 13,0 m

**NOTAS**

- 1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-4 E BR1. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.
- 2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.
- 3 - Mapeamento de profundidades definido a partir do terreno composto por curvas de nível de levantamentos distintos, conforme relatório DF20-162-1-EG-RTE-0001.
- 4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE ORBITAIS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.
- 5 - A INTERFERÊNCIA DA SIMULAÇÃO OCORRERÁ QUANDO O HORIZONTA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇAR VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.
- 6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).
- 7 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.
- 8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.
- 9 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.
- 10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.
- 11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.
- 12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

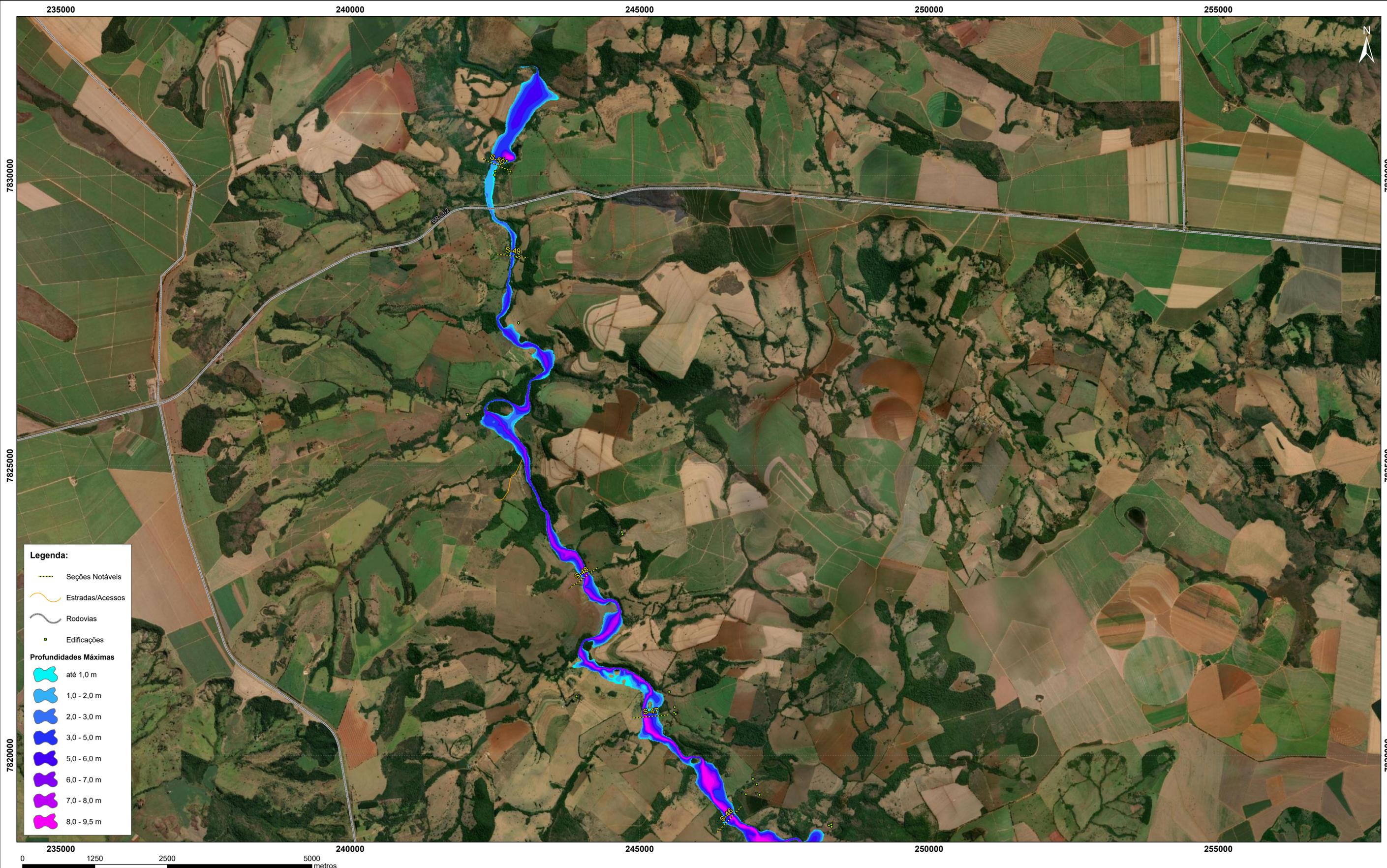
**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.

REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20

REVISÕES							
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

<b>PROJETO</b> REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m		<b>Nº DO PROJETO</b> -	<b>Nº DA SE</b> -
<b>ESTUDO</b> BARRAGEM BR - TAPIRA ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS FOLHA 3/4			
<b>ESCALA</b> 1:30.000	<b>Nº CONTRATADA</b> DF20-162-1-EG-DWG-0013	<b>Nº MOSAIC</b> -	<b>REVISÃO</b> 0



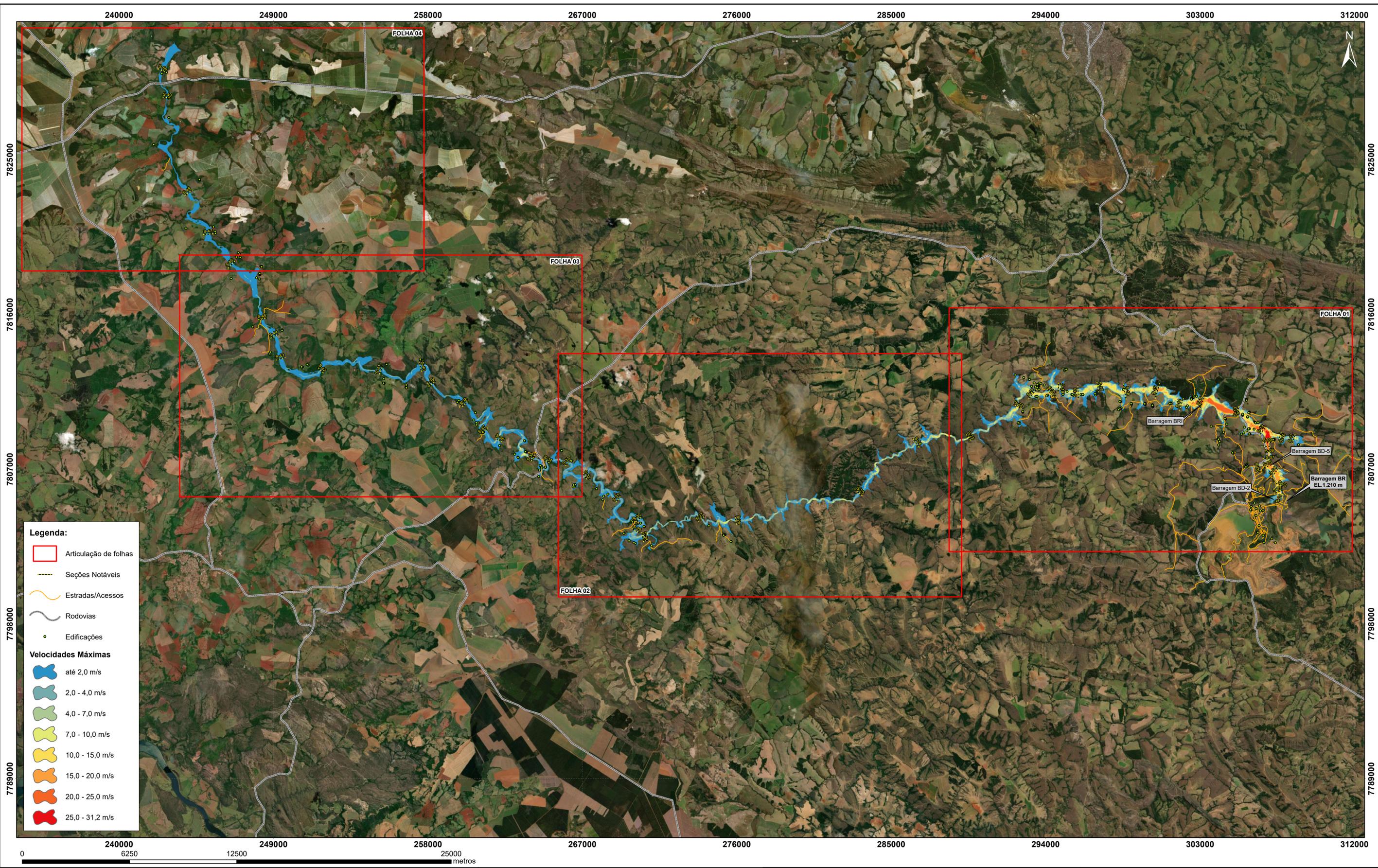
**Legenda:**

- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

**Profundidades Máximas**

- ✕ até 1,0 m
- ✕ 1,0 - 2,0 m
- ✕ 2,0 - 3,0 m
- ✕ 3,0 - 5,0 m
- ✕ 5,0 - 6,0 m
- ✕ 6,0 - 7,0 m
- ✕ 7,0 - 8,0 m
- ✕ 8,0 - 9,5 m

NOTAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA		REVISÕES		REVISÕES		REVISÕES																																		
<p>1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-4 E BR1. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.</p> <p>2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.</p> <p>3 - Mapeamento de profundidades definido a partir do terreno composto por curvas de nível de levantamentos distintos, conforme relatório DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE ORBITAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.</p> <p>5 - A INTERUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIGRÓGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.</p> <p>6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).</p>	<p>7 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.</p> <p>8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.</p> <p>9 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.</p> <p>11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.</p> <p>12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.</p>	<p>1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">REV.</td> <td style="width: 5%;">TÉ.</td> <td style="width: 40%;">DESCRIÇÃO</td> <td style="width: 5%;">PROJ.</td> <td style="width: 5%;">DES.</td> <td style="width: 5%;">VER.</td> <td style="width: 5%;">APR.</td> <td style="width: 10%;">DATA</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>C</td> <td>APROVADO</td> <td>LL</td> <td>LL</td> <td>MC/TO</td> <td>TO</td> <td>17/09/20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>EMISSÃO INICIAL</td> <td>LL</td> <td>LL</td> <td>MC/TO</td> <td>TO</td> <td>28/08/20</td> </tr> </table>	REV.	TÉ.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA	0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20	A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20	<p style="text-align: center;"><b>Mosaic</b> Fortilizaros</p> <p style="text-align: center;"><b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b></p> <p style="text-align: center;"><b>MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FOLHA 4/4</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>PROJETO</b> REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m</p> <p style="text-align: center;"><b>ESTUDO</b> BARRAGEM BR - TAPIRA</p> <p style="text-align: center;"><b>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</b></p> <p style="text-align: center;"><b>MAPEAMENTO DAS PROFUNDIDADES MÁXIMAS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FOLHA 4/4</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Nº DO PROJETO</td> <td style="width: 10%;">-</td> <td style="width: 10%;">Nº DA SE</td> <td style="width: 10%;">-</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%;">ESCALA</td> <td style="width: 10%;">1:30.000</td> <td style="width: 10%;">Nº CONTRATADA</td> <td style="width: 10%;">DF20-162-1-EG-DWG-0014</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%;">Nº MOSAIC</td> <td style="width: 10%;">-</td> <td style="width: 10%;">REVISÃO</td> <td style="width: 10%;">0</td> </tr> </table>	Nº DO PROJETO	-	Nº DA SE	-	ESCALA	1:30.000	Nº CONTRATADA	DF20-162-1-EG-DWG-0014	Nº MOSAIC	-	REVISÃO	0
REV.	TÉ.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA																																			
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20																																			
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20																																			
Nº DO PROJETO	-	Nº DA SE	-																																							
ESCALA	1:30.000	Nº CONTRATADA	DF20-162-1-EG-DWG-0014																																							
Nº MOSAIC	-	REVISÃO	0																																							



**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-5 E BRI, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.

2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.

3 - MAPEAMENTO DE VELOCIDADES DEFINIDO A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.

5 - A INTERUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORRERU QUANDO O HIPOGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BI-DIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).

7 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.

8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.

9 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.

11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.

12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.
--

REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMIÇÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20

**REVISÕES**

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**  
Fortilizaros

**PROJETO**  
REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

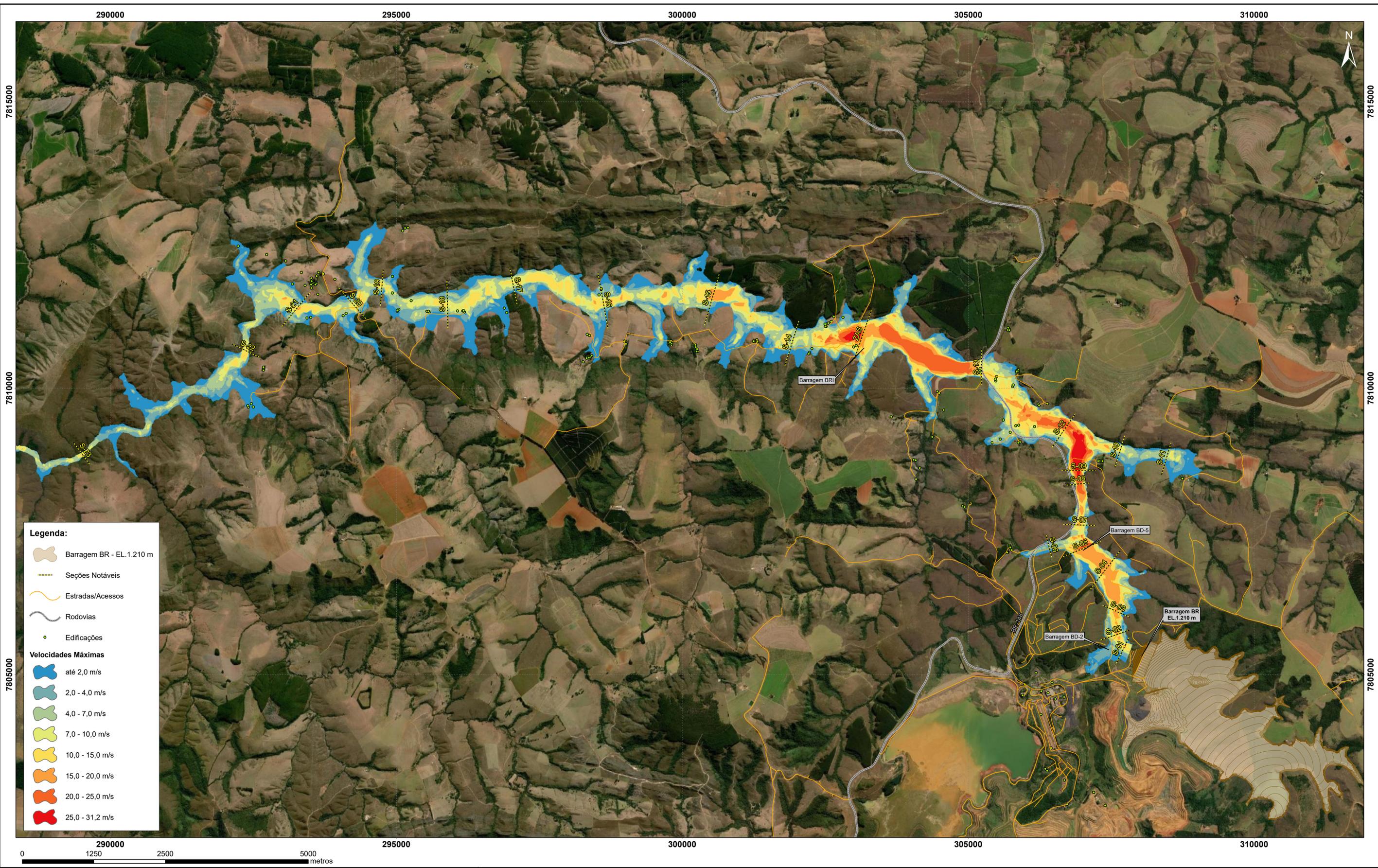
**ESTUDO**  
BARRAGEM BR - TAPIRA  
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS  
ARTICULAÇÃO DE FOLHAS

**ESCALA**  
1:100.000

**Nº CONTRATADA**  
DF20-162-1-EG-DWG-0015

**Nº MOSAIC**  
-

**REVISÃO**  
0



**Legenda:**

- Barragem BR - EL. 1.210 m
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

**Velocidades Máximas**

- até 2,0 m/s
- 2,0 - 4,0 m/s
- 4,0 - 7,0 m/s
- 7,0 - 10,0 m/s
- 10,0 - 15,0 m/s
- 15,0 - 20,0 m/s
- 20,0 - 25,0 m/s
- 25,0 - 31,2 m/s

NOTAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA		REVISÕES		REVISÕES		REVISÕES																				
<p>1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-5 E BRI, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.</p> <p>2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOFISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.</p> <p>3 - MAPEAMENTO DE VELOCIDADES DEFINIDO A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEJE TRAÇADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE ORBITAIS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.</p> <p>5 - A INTERUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIGRÓGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.</p> <p>6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BI-DIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).</p>	<p>7 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.</p> <p>8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.</p> <p>9 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.</p> <p>11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.</p> <p>12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.</p>	<p>1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">REV.</td> <td style="width: 5%;">TE.</td> <td style="width: 55%;">DESCRIÇÃO</td> <td style="width: 5%;">PROJ.</td> <td style="width: 5%;">DES.</td> <td style="width: 5%;">VER.</td> <td style="width: 5%;">APR.</td> <td style="width: 5%;">DATA</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>C</td> <td>APROVADO</td> <td>LL</td> <td>LL</td> <td>MC/TO</td> <td>TO</td> <td>17/09/20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>EMISSÃO INICIAL</td> <td>LL</td> <td>LL</td> <td>MC/TO</td> <td>TO</td> <td>28/08/20</td> </tr> </table>	REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA	0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20	A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20	<p style="text-align: center;"><b>Mosaic</b> Fortilizar</p> <p>PROJETO: REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m</p> <p>Nº DO PROJETO: -</p> <p>Nº DA SE: -</p> <p>ESTUDO: BARRAGEM BR - TAPIRA</p> <p>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</p> <p>MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS</p> <p>FOLHA 1/4</p> <p>ESCALA: 1:30.000</p> <p>Nº CONTRATADA: DF20-162-1-EG-DWG-0016</p> <p>Nº MOSAIC: -</p> <p>REVISÃO: 0</p>
REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA																					
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20																					
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20																					

270000

275000

280000

285000

7810000

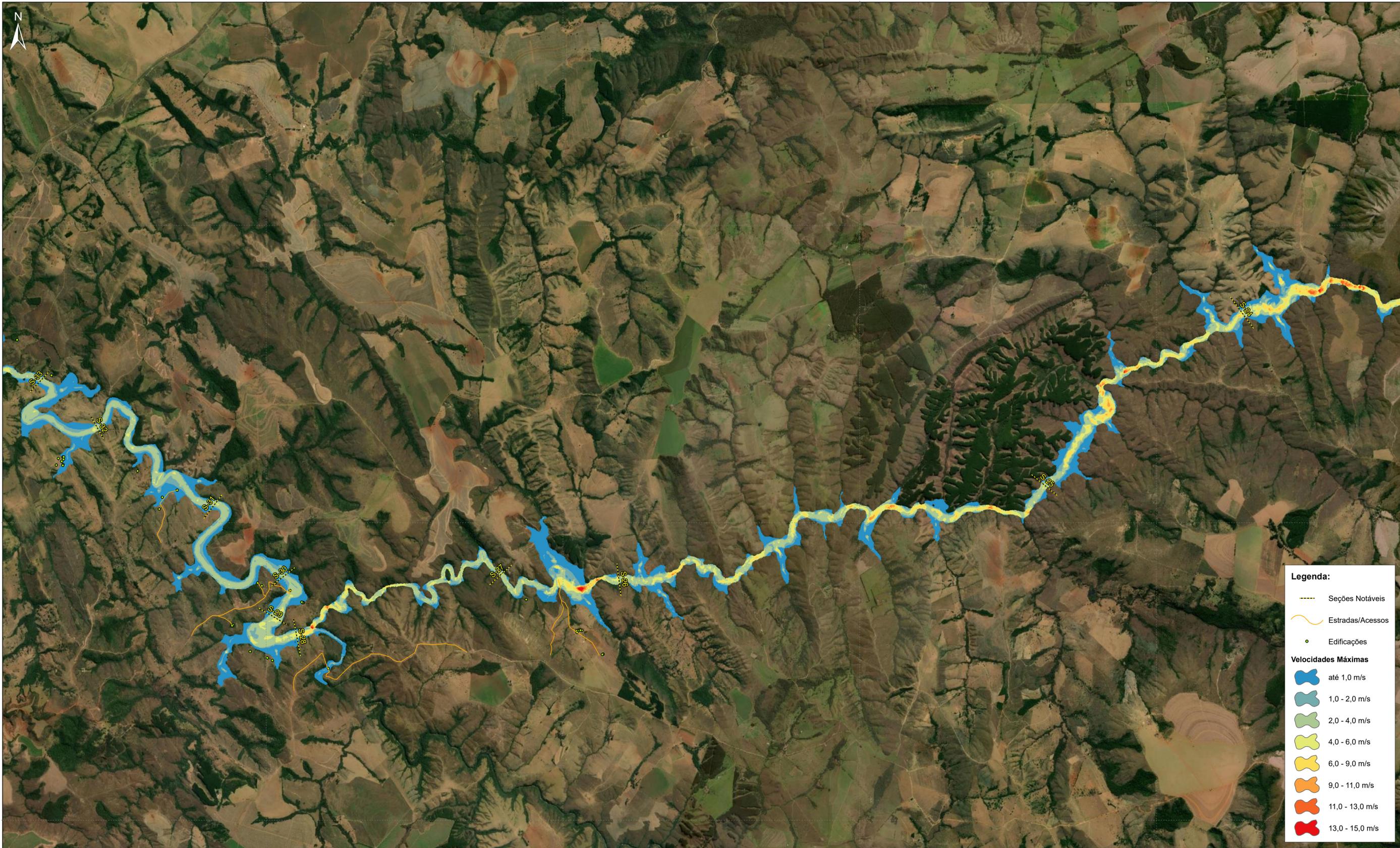
7805000

7800000

7810000

7805000

7800000



**Legenda:**

- Seções Notáveis
- ~ Estradas/Acessos
- Edificações

**Velocidades Máximas**

- até 1,0 m/s
- 1,0 - 2,0 m/s
- 2,0 - 4,0 m/s
- 4,0 - 6,0 m/s
- 6,0 - 9,0 m/s
- 9,0 - 11,0 m/s
- 11,0 - 13,0 m/s
- 13,0 - 15,0 m/s

0 1250 2500 5000 metros

**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-4 E BR1, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.  
 2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.  
 3 - Mapeamento de velocidades definido a partir do terreno composto por curvas de nível de levantamentos distintos, conforme relatório DF20-162-1-EG-RTE-0001.  
 4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEJE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE ORBITAIS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.  
 5 - A INTERFERÊNCIA DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIGROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.  
 6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

7 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.  
 8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.  
 9 - OS ESTUDOS DEVEEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.  
 10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.  
 11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.  
 12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**REVISÕES**

REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO					17/09/20
A	B	EMISSION INICIAL					28/08/20

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

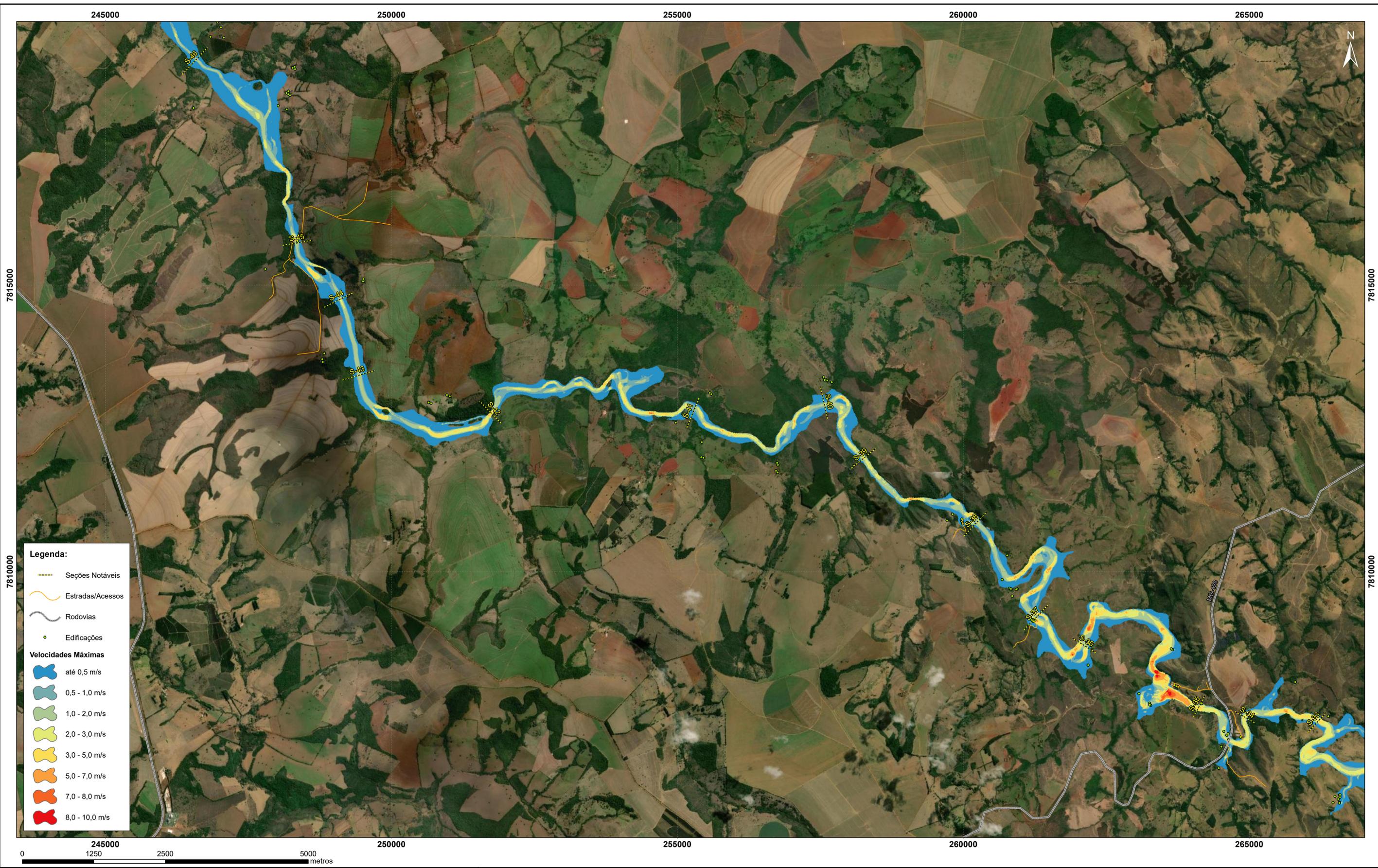
PROJETO  
REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

ESTUDO  
BARRAGEM BR - TAPIRA  
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS  
FOLHA 2/4

ESCALA 1:30.000  
Nº CONTRATADA DF20-162-1-EG-DWG-0017

Nº DO PROJETO -  
Nº DA SE -

Nº MOSAIC -  
REVISÃO 0



**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-4 E BR1, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.

2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.

3 - MAPEAMENTO DE VELOCIDADES DEFINIDO A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.

5 - A INTERFERÊNCIA DA SIMULAÇÃO OCORRERÁ QUANDO O HIGRÓGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAQUARI ALCANÇAR VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (USA).

7 - NA COMPOSIÇÃO DESTES MAPAS FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.

8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.

9 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO O VAZÃO SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.

11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.

12 - ESCALA NÚMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.
--

0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20
REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
<b>REVISÕES</b>							
TE.	(A) PRELIMINAR		(C) PARA CONHECIMENTO		(E) PARA CONSTRUÇÃO		(G) CONFORME CONSTRUÍDO
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO		(D) PARA COTAÇÃO		(F) CONFORME COMPRADO		(H) CANCELADO

**Mosaic**  
Fortilizaros

**PROJETO**  
REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

**Nº DO PROJETO**  
-

**Nº DA SE**  
-

**ESTUDO**  
BARRAGEM BR - TAPIRA  
ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS  
FOLHA 3/4

**ESCALA**  
1:30.000

**Nº CONTRATADA**  
DF20-162-1-EG-DWG-0018

**Nº MOSAIC**  
-

**REVISÃO**  
0



**NOTAS**

- ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-4 E BR1. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.
- A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.
- MAPEAMENTO DE VELOCIDADES DEFINIDO A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.
- EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE ORBITAIS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.
- A INTERUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIGRÓGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.
- AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).
- NA COMPOSIÇÃO DESTES MAPAS FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.
- OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.
- OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.
- SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.
- PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.
- ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.
--

0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMISSION INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20
REV. T.E.		DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
REVISÕES							
T.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO	ESCALA		
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO	Nº CONTRATADA		

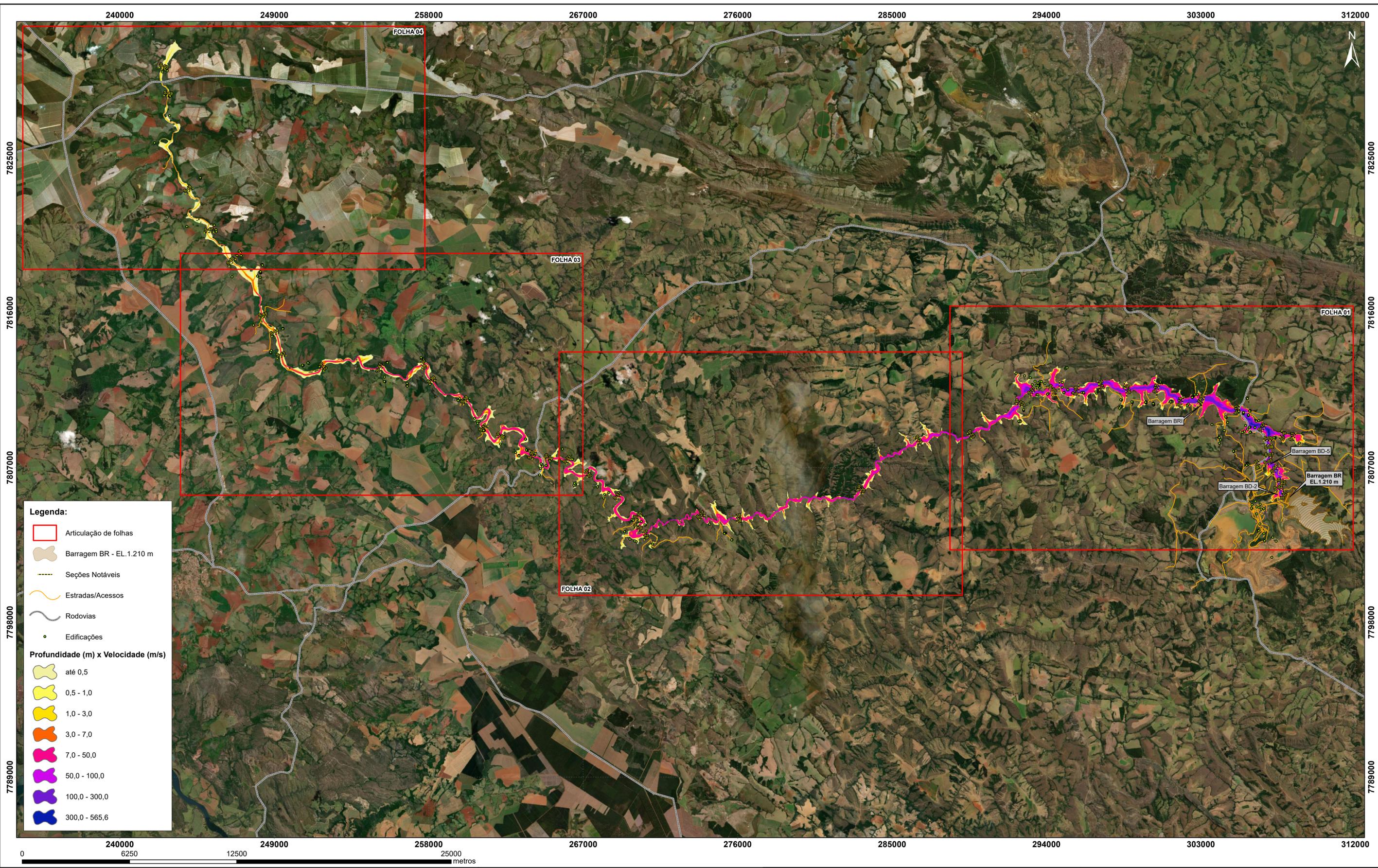
**Mosaic Fortilizantes**

PROJETO: BARRAGEM BR - TAPIRA  
 REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

Nº DO PROJETO: -  
 Nº DA SE: -

ESTUDO: ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
 MAPEAMENTO DAS VELOCIDADES MÁXIMAS  
 FOLHA 4/4

ESCALA: 1:30.000  
 Nº CONTRATADA: DF20-162-1-EG-DWG-0019  
 Nº MOSAIC: -  
 REVISÃO: 0



**Legenda:**

- Articulação de folhas
- Barragem BR - EL. 1.210 m
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

**Profundidade (m) x Velocidade (m/s)**

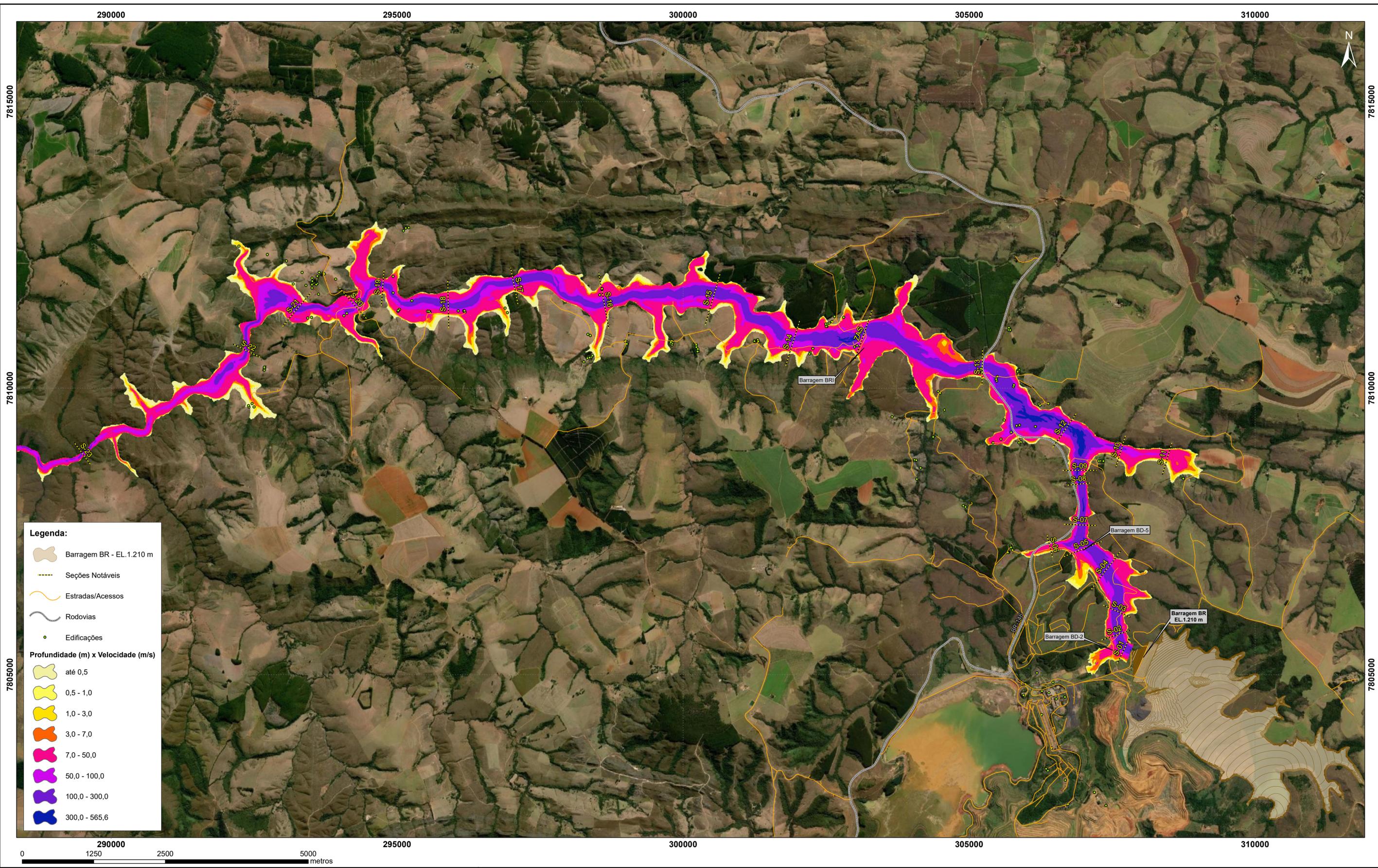
- até 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 3,0
- 3,0 - 7,0
- 7,0 - 50,0
- 50,0 - 100,0
- 100,0 - 300,0
- 300,0 - 565,6

NOTAS		DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA		REVISÕES		REVISÕES		REVISÕES				
<p>1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-4 E BR1. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.</p> <p>2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOFISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.</p> <p>3 - Mapeamento do risco hidrocinâmico definido a partir do terreno composto por curvas de nível, de levantamentos distintos, conforme relatório DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.</p> <p>5 - A INTERUPÇÃO DA SIMULAÇÃO OCORRERU QUANDO O HIGROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.</p> <p>6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BI-DIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (USA).</p>	<p>7 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.</p> <p>8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.</p> <p>9 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p> <p>10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.</p> <p>11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.</p> <p>12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.</p>	<p>1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.</p>										
				0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20	
				A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20	
				REV.	TÉ.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA	
				<b>REVISÕES</b>								
				TÉ.								
				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			
										ESCALA	Nº CONTRATADA	
										1:100.000	DF20-162-1-EG-DWG-0020	
										Nº MOSAIC	REVISÃO	
										-	0	

**Mosaic**  
Fortilizar

**IBR**  
INSTITUTO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

<p>PROJETO REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m</p>		<p>Nº DO PROJETO -</p>	<p>Nº DA SE -</p>
<p>ESTUDO BARRAGEM BR - TAPIRA</p>			
<p>ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m</p>			
<p>MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO</p>			
<p>ARTICULAÇÃO DE FOLHAS</p>			
		<p>ESCALA</p>	
		<p>Nº CONTRATADA</p>	
		<p>Nº MOSAIC</p>	
		<p>REVISÃO</p>	



**Legenda:**

- Barragem BR - EL. 1.210 m
- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

**Profundidade (m) x Velocidade (m/s)**

- até 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 3,0
- 3,0 - 7,0
- 7,0 - 50,0
- 50,0 - 100,0
- 100,0 - 300,0
- 300,0 - 565,6



**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-5 E BR1. TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.

2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.

3 - MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO DEFINIDO A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL, DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE ORBITAIS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.

5 - A INTERRUPTÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIGROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZOS DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BI-DIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.

REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMIÇÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20

**REVISÕES**

TIPO DE EMISSÃO	(A) PRELIMINAR	(B) PARA APROVAÇÃO	(C) PARA CONHECIMENTO	(D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(F) PARA CONFORME COMPRADO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO	(H) CANCELADO
-----------------	----------------	--------------------	-----------------------	------------------	---------------------	----------------------------	-------------------------	---------------

**Mosaic Fortilitaritos**

PROJETO: REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

Nº DO PROJETO: -

Nº DA SE: -

ESTUDO: BARRAGEM BR - TAPIRA

ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m

MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO

FOLHA 1/4

ESCALA: 1:30.000

Nº CONTRATADA: DF20-162-1-EG-DWG-0021

Nº MOSAIC: -

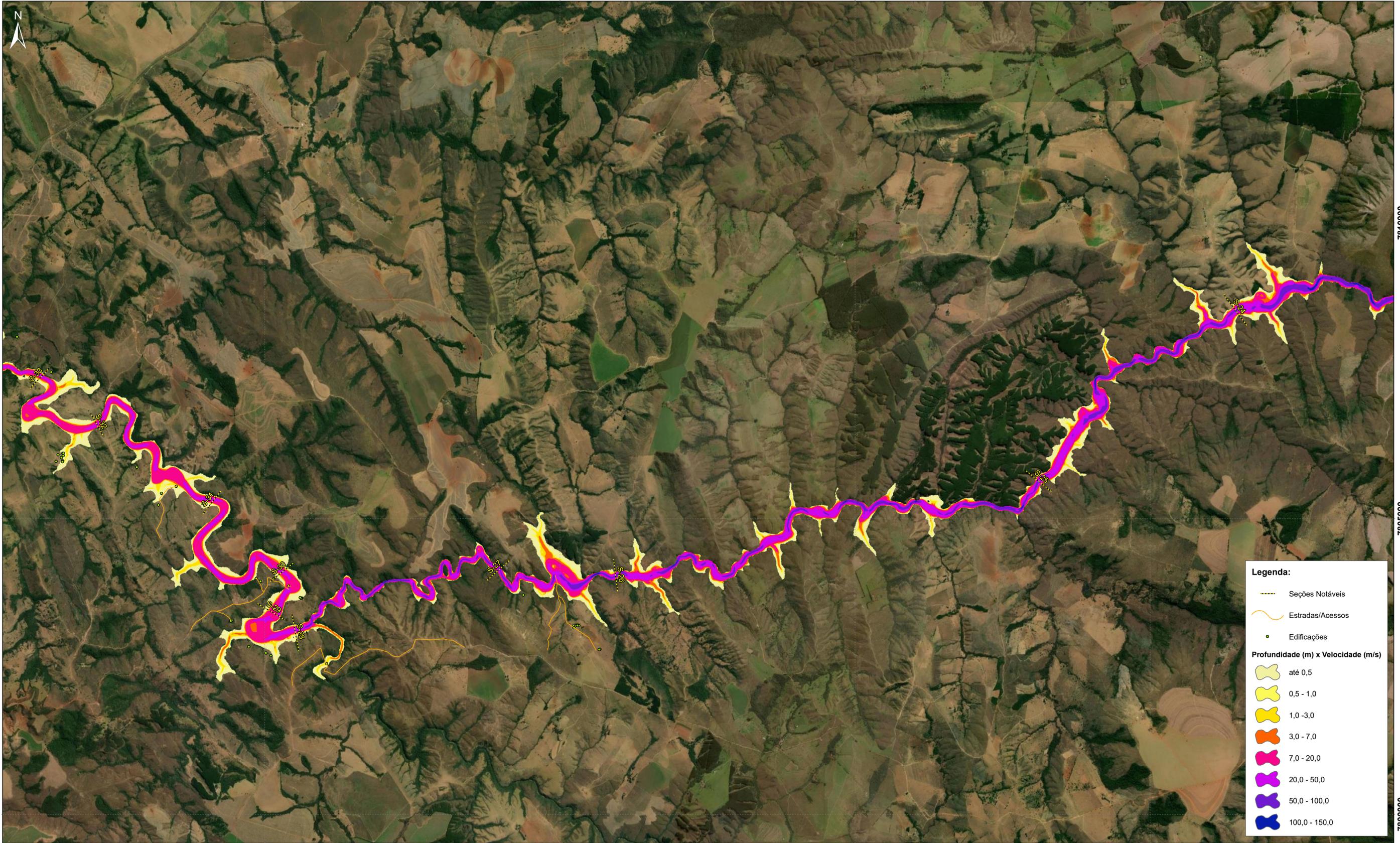
REVISÃO: 0

270000

275000

280000

285000



**Legenda:**

- Seções Notáveis
- ~ Estradas/Acessos
- Edificações

**Profundidade (m) x Velocidade (m/s)**

- até 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 3,0
- 3,0 - 7,0
- 7,0 - 20,0
- 20,0 - 50,0
- 50,0 - 100,0
- 100,0 - 150,0



**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BD-2, BD-4 E BR1, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.

2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.

3 - Mapeamento do risco hidrodinâmico definido a partir do terreno composto por curvas de nível, de levantamentos distintos, conforme relatório DF20-162-1-EG-RTE-0001.

4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEJE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATELITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.

5 - A INTERFERÊNCIA DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIGROGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).

7 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.

8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.

9 - OS ESTUDOS DEVEEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.

11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.

12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.
--

0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20
REV. T.E.		DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
REVISÕES							
T.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO			
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO			

**Mosaic Fortilizaros**

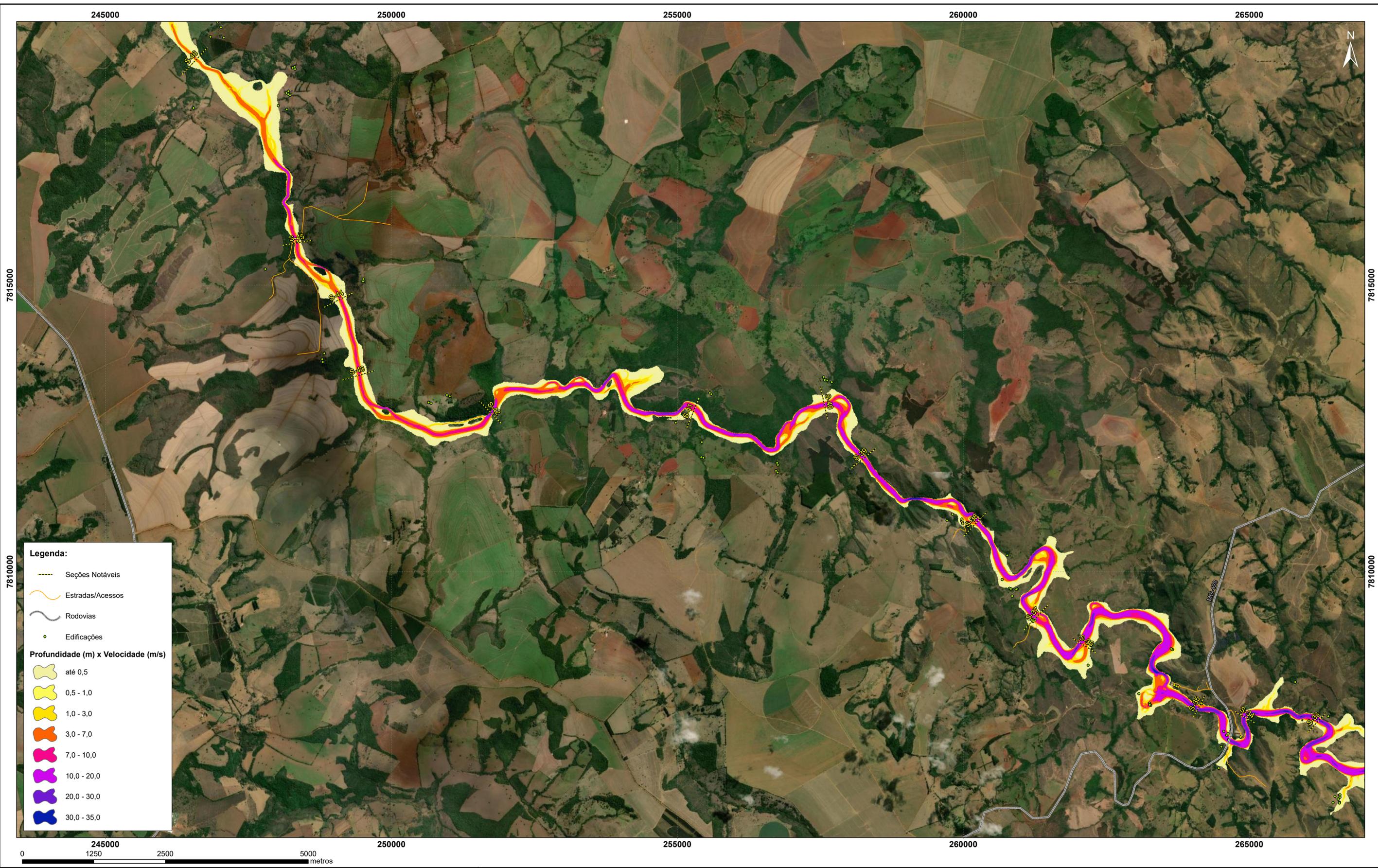
PROJETO: BARRAGEM BR - TAPIRA  
 REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

Nº DO PROJETO: -  
 Nº DA SE: -

ESTUDO: ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
 MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO  
 FOLHA 2/4

ESCALA: 1:30.000  
 Nº CONTRATADA: DF20-162-1-EG-DWG-0022

Nº MOSAIC: -  
 REVISÃO: 0



**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BO-2, BO-4 E BR1, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.

2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOPRISTICAÇÃO DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.

3 - MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO DEFINIDO A PARTIR DO TERRENO COMPOSTO POR CURVAS DE NÍVEL, DE LEVANTAMENTOS DISTINTOS, CONFORME RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE OBTIDAS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.

5 - A INTERFERÊNCIA DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIGRÓGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.

6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRONIA LLC (EUA).

7 - NA COMPOSIÇÃO DESTES MAPAS FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.

8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.

9 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.

10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.

11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.

12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

1 - RELATÓRIO TÉCNICO: DF20-162-1-EG-RTE-0001.
--

0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMIÇÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20
REV. T.E.		DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
REVISÕES							
T.E.	(A) PRELIMINAR	(C) PARA CONHECIMENTO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO			
TIPO DE EMISSÃO	(B) PARA APROVAÇÃO	(D) PARA COTAÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(H) CANCELADO			

**Mosaic**  
Fortilizaros

**PROJETO**  
REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

**Nº DO PROJETO**  
-

**Nº DA SE**  
-

**ESTUDO**  
BARRAGEM BR - TAPIRA

**ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m**

**MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO**

**FOLHA 3/4**

**ESCALA**  
1:30.000

**Nº CONTRATADA**  
DF20-162-1-EG-DWG-0023

**Nº MOSAIC**  
-

**REVISÃO**  
0



**Legenda:**

- Seções Notáveis
- Estradas/Acessos
- Rodovias
- Edificações

**Profundidade (m) x Velocidade (m/s)**

- até 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 3,0
- 3,0 - 7,0
- 7,0 - 7,5
- 7,5 - 8,0
- 8,0 - 9,0
- 9,0 - 10,0



**NOTAS**

1 - ESTE MAPA APRESENTA UM PROGNÓSTICO DA INUNDAÇÃO POTENCIAL MÁXIMA PARA CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM BR E, POR EFEITO CASCATA, DAS BARRAGENS BO-2, BO-5 E BR1, TODAS DE PROPRIEDADE DA MOSAIC.  
 2 - A MANCHA DE INUNDAÇÃO PODE SER DEFINIDA COMO A ESTIMATIVA DA ÁREA QUE SERIA COBERTA PELA ONDA RESULTANTE DA RUPTURA DA BARRAGEM BR. SUA PRECISÃO É DEPENDENTE DA QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES DO TERRENO, DA SOTOPONTOGRAFIA DO MODELO FLUIDODINÂMICO E DA DISPONIBILIDADE DOS DADOS DE ENTRADA. ESSA INFORMAÇÃO DEVE SER UTILIZADA APENAS COMO UMA REFERÊNCIA E PODE VARIAR COM AS CONDIÇÕES EXISTENTES NA BARRAGEM E NO VALE A JUSANTE DURANTE O EVENTO DE RUPTURA.  
 3 - Mapeamento do risco hidrodinâmico definido a partir do terreno composto por curvas de nível, de levantamentos distintos, conforme relatório DF20-162-1-EG-RTE-0001.  
 4 - EXTENSÃO DO TRECHO MODELADO: APROXIMADAMENTE 135 km A PARTIR DA BARRAGEM BR - TAPIRA, COM BASE NO TALVEZUE TRACADO SOBRE AS IMAGENS DE SATÉLITE ORBITAIS GRATUITAMENTE NO SOFTWARE GOOGLE EARTH.  
 5 - A INTERRUPTÃO DA SIMULAÇÃO OCORREU QUANDO O HIGRÓGRAMA DA ONDA EM TRÂNSITO PELO RIO ARAGUARI ALCANÇOU VAZÕES DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA QUE AS NATURALMENTE EXISTENTES NO CURSO DE ÁGUA.  
 6 - AS SIMULAÇÕES FLUIDODINÂMICAS FORAM REALIZADAS COM AUXÍLIO DO SOFTWARE BIDIMENSIONAL RIVERFLOW2D, DESENVOLVIDO PELA HYDRODINAMICA LLC (EUA).

**DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

7 - NA COMPOSIÇÃO DESTA MAPA FORAM UTILIZADOS OS SOFTWARES: RIVERFLOW2D E ARCGIS 10.0.  
 8 - OS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA (PLUMA DE TURBIDEZ/CONTAMINAÇÃO) NÃO ESTÃO REPRESENTADOS NESSE MAPEAMENTO E PROVAVELMENTE TERÃO EXTENSÃO MAIOR QUE A INUNDAÇÃO APRESENTADA.  
 9 - OS ESTUDOS DEVEM SER INTERPRETADOS COM DISCERNIMENTO E PARCIMÔNIA, UMA VEZ QUE OS PARÂMETROS DA INUNDAÇÃO POTENCIAL ESTÃO CONDICIONADOS A UMA HIPÓTESE DE RUPTURA DO MACIÇO, REGIDA SOB PREMISSAS APRESENTADAS NO RELATÓRIO DF20-162-1-EG-RTE-0001.  
 10 - SIMULAÇÃO REALIZADA CONSIDERANDO DIA SECO, OU SEJA, SEM OCORRÊNCIA DE CHUVA NO VALE A JUSANTE.  
 11 - PROJEÇÃO UTM FUSO 23S, DATUM WGS 84.  
 12 - ESCALA NUMÉRICA PARA O FORMATO DE IMPRESSÃO ISO A1.

REV.	TE.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	DATA
0	C	APROVADO	LL	LL	MC/TO	TO	17/09/20
A	B	EMISSÃO INICIAL	LL	LL	MC/TO	TO	28/08/20

**REVISÕES**

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** Fortilizantes

PROJETO: BARRAGEM BR - TAPIRA  
 REVISÃO DO DAM BREAK - BARRAGEM BR - EL. 1.210 m

ESTUDO: ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA - EL. 1.210 m  
 MAPEAMENTO DO RISCO HIDRODINÂMICO  
 FOLHA 4/4

ESCALA: 1:30.000  
 Nº CONTRATADA: DF20-162-1-EG-DWG-0024  
 Nº MOSAIC: -  
 REVISÃO: 0