



**PREFEITURA
BELO HORIZONTE**

BARRAGEM DO CÓRREGO CAMARÕES

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

D	21/05/2025	Ajustes Gerais	DIV	HU
C	14/04/2025	Revisado conforme comentários recebidos por email em 05/02/2025	DIV	HU
B	18/12/2024	Revisado conforme comentários recebidos por email em 05/12/2024	DIV	HU
A	25/11/2024	Emissão Inicial	DIV	HU
Revisão Nº	Data	Descrição Sucinta	Elaboração	Aprovação
		Título: VOLUME VI PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA		Número Hydros SM1013.RE.CA048 Rev. D
				Número SMOBI
		Projeto	Verificado	Aprovado
		DIV	MCT	HU
				Data de Emissão Mai/2025



**PREFEITURA
BELO HORIZONTE**

BARRAGEM DO CÓRREGO CAMARÕES

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

VOLUME VI – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

Nº SM1013.RE.CA048 - D

Mai/2025

PREFÁCIO

O marco legal na segurança de barragens no Brasil é a Lei 12.334/2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), destinada a acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e a acumulação de resíduos industriais.

A Lei 12.334/2010 criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), cabendo à Agência Nacional de Águas (ANA) implantar e gerir o sistema, e promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores e coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens. A entidade outorgante das barragens fica responsável por fiscalizar a segurança das barragens, bem como por manter o cadastro atualizado dessas barragens com identificação dos empreendedores, para fins de incorporação ao SNISB.

Um dos instrumentos da PNSB é o Plano de Segurança da Barragem (PSB) de implementação obrigatória pelo empreendedor, cujo objetivo é auxiliá-lo na gestão da segurança e serve como uma ferramenta de planejamento da gestão da segurança da barragem.

Os trabalhos relativos ao Plano de Segurança da Barragem do Córrego Camarões foram desenvolvidos, em atendimento às exigências da legislação vigente, que estabelece as diretrizes e obrigações referentes à Política Nacional de Segurança de Barragens, tomando-se como referência básica as diretrizes apresentadas na publicação da ANA, intitulada “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragem”, levando-se em conta:

- Lei Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens;
- Resolução CNRH Nº 143, de 10 de julho de 2012, que estabelece os critérios de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado ao volume do reservatório;
- Resolução CNRH Nº 144, de 10 de julho de 2012, que estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre segurança de Barragens;
- Lei Nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, que altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração);
- Resolução CNRH Nº 223, de 20 de novembro de 2020, que altera a Resolução CNRH nº 144/12, que “Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, e dá outras providências”;
- Resolução CNRH Nº 241, de 10 de setembro de 2024, que altera a Resolução CNRH nº 143/12, que estabelece critérios gerais de classificação de barragens por dano potencial

associado, por volume e por categoria de risco, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334/10;

- Portaria IGAM Nº 08, de 17 de março de 2023, que dispõe sobre a regulamentação de barragens de usos múltiplos fiscalizados pelo IGAM.



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	APRESENTAÇÃO E OBJETIVO	2
3	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR, COORDENADOR E DEMAIS RESPONSÁVEIS PELO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA.....	3
4	DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM E POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	7
4.1	IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM.....	7
4.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA BARRAGEM	8
4.2.1	Barramento Camarões (Dados do Projeto Original)	9
5	DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA EM POTENCIAL	13
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA	13
5.2	CRITÉRIOS DE ATIVAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA	14
5.2.1	Nível 1 – Verde: Situação Normal	14
5.2.2	Nível 2 – Amarelo – Situação de Atenção	14
5.2.3	Nível 3 – Laranja - Situação de Alerta	14
5.2.4	Nível 4 – Vermelho - Situação de Emergência.....	14
5.3	AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE SEGURANÇA.....	15
5.3.1	Nível 1 – Verde - Situação Normal	15
5.3.2	Nível 2 – Amarelo: Situação de Atenção	15
5.3.3	Nível 3 – Laranja - Situação de Alerta	15
5.3.4	Nível 4 – Vermelho - Situação de Emergência.....	16
5.4	TÉRMINO DA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....	16
6	FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO	17
7	RESPONSABILIDADES NO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE (EMPREENDEDOR, COORDENADOR DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE, EQUIPE TÉCNICA E DEFESA CIVIL).....	28
7.1	COORDENADOR DO PAE.....	28
7.2	EMPREENDEDOR	31
7.3	EQUIPES TÉCNICAS	33
7.4	GRUPO DE COMBATE E SALVAMENTO (DEFESA CIVIL).....	35
8	ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM E POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA.....	38
8.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	38

8.2	RUPTURA DE BARRAGENS COM ESTRUTURAS DEFORMÁVEIS	39
8.3	RUPTURA DE BARRAGENS COM ESTRUTURAS RÍGIDAS	42
8.4	ESTUDO DE PROPAGAÇÃO DA ONDA DE RUPTURA DA BARRAGEM	42
8.5	CONDIÇÕES DE CONTORNO GEOMÉTRICO DO TERRENO	42
8.6	CONDIÇÕES DE CONTORNO HIDRÁULICO.....	42
8.7	SIMULAÇÃO DA ONDA DE RUPTURA DA BARRAGEM	43
9	ZONAS DE IMPACTO DIRETO E DE AUTOSSALVAMENTO.....	51
9.1	ZONA DE IMPACTO DIRETO (ZID)	51
9.2	ZONA DE AUTOSSALVAMENTO (ZAS).....	51
9.3	IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE REFÚGIO E ROTAS DE FUGA.....	52
10	MUNICÍPIOS E BAIRROS POTENCIALMENTE VULNERÁVEIS.....	57
11	OCUPAÇÃO PERMANENTE EXISTENTE A JUSANTE DA BARRAGEM..	59
11.1	ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO AFETADA PELA INUNDAÇÃO	64
12	CENÁRIOS ACIDENTAIS PROVÁVEIS E CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM.....	65
12.1	CENÁRIOS ACIDENTAIS PROVÁVEIS DE RUPTURA DE BARRAGENS.....	65
12.2	CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM.....	66
13	IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE DE ANOMALIAS E CONDIÇÕES POTENCIAIS DE RUPTURA DA BARRAGEM.....	69
14	PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS A SEREM ADOTADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	71
15	ESTRATÉGIAS E MEIOS DE DIVULGAÇÃO E ALERTA.....	73
16	SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO E DISPOSITIVOS DE ALERTA SONORO	75
16.1	PLANO DE COMUNICAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....	75
16.2	SISTEMA DE ALARME.....	76
16.3	ROTAS DE FUGA E PONTOS DE ENCONTRO.....	76
16.4	AÇÕES DE RESGATE, ABRIGAMENTO E ATENDIMENTO HOSPITALAR.....	78
17	RECURSOS MATERIAIS E HUMANOS NECESSÁRIOS	80
18	PROGRAMAS DE TREINAMENTO E DIVULGAÇÃO	81
18.1	TREINAMENTO	81
18.2	DIVULGAÇÃO E NOTIFICAÇÃO	82
18.3	EXERCÍCIO DE SIMULAÇÃO	83
18.4	FASES DE EMERGÊNCIA EM BARRAGENS.....	84
18.4.1	Elementos Compartilhado	84

18.4.2	Objetivos do PAE e PLANCON.....	85
19	CONTROLE E ATUALIZAÇÃO DO PAE	86
20	DISTRIBUIÇÃO DE CÓPIAS DO PAE PARA AS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS E PRIVADAS COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO	87
21	ANEXOS	89
21.1	ANEXO I - MODELOS DE FORMULÁRIOS PADRÃO DO PAE	89
21.1.1	Modelo 1 - Declaração de Início da Emergência	89
21.1.2	Modelo 2 – Formulário de Registro de Situações de Emergência	90
21.1.3	Modelo 2 - Declaração de Encerramento da Emergência	91
21.2	ANEXO II - MAPAS DE INUNDAÇÃO E DE RISCO HIDRODINÂMICO	92

1 INTRODUÇÃO

Este documento consubstancia os serviços de engenharia relacionados com a elaboração do Plano de Estudos, Planos de Segurança e Planos de Ação de Emergência para as Barragens de Bacias de Controle de Cheias de Belo Horizonte, conforme Contrato DC nº 045/2023 firmado entre a Secretaria Municipal de Obras e Engenharia Ltda e a HYDROS Engenharia Ltda. em 28 de novembro de 2023.

Os estudos foram organizados em 6 (seis) volumes, conforme preconizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas na Portaria IGAM nº 08/23, conforme discriminados a seguir:

- VOLUME I – INFORMAÇÕES GERAIS
- VOLUME II – DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO EMPREENDIMENTO
- VOLUME III – PLANOS E PROCEDIMENTOS
- VOLUME IV – REGISTROS E CONTROLES
- VOLUME V – REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DA BARRAGEM
- VOLUME VI – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

2 APRESENTAÇÃO E OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar o produto intitulado “Volume VI – Plano de Ação de Emergência - PAE”, que faz parte do conjunto de documentos que compõe o PSB - Plano de Segurança da Barragem do Córrego Camarões.

O Plano de Ação de Emergência - PAE é um documento formal, elaborado pelo empreendedor, no qual são identificadas as condições de emergência em potencial da barragem, estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e definidos os agentes a serem notificados de tais ocorrências, com o objetivo de minimizar danos e perdas de vida caso ocorra uma ruptura do barramento.

3 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR, COORDENADOR E DEMAIS RESPONSÁVEIS PELO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

Empreendedor: Município de Belo Horizonte	
CNPJ: 18.715.383/0001-40	
Figura Jurídica: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte	
Endereço: Av. Afonso Pena, 1.212 - Centro	
Responsável legal:	
Nome: Álvaro Damião	
Cargo: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte	
Telefone: (31) 3277- 4148	E-mail: gabpref@pbh.gov.br

Coordenador do PAE	
Nome: Márcio Lobato Rodrigues	
SMSP: Secretaria Municipal de Segurança e Prevenção	
Telefone: (31) 3314-7870	E-mail: smssp@pbh.gov.br

A Figura 3.1 apresenta o Organograma do PAE e as Figuras 3.2 e 3.3 a composição de cada Grupo.



Figura 3.1 – Organograma

Mapeamento Institucional



Figura 3.2 – Composição do Grupo de Intervenção Direta (GID) e do Grupo de Apoio Interno (GAI)

Mapeamento Institucional



Figura 3-3 – Composição do Grupo de Apoio Externo (GAE)

A lista com os telefones de contato de entidades que compõem o Organograma do PAE encontram-se apresentados a seguir.

Quadro 3.1 - Contatos do Coordenador e do Empreendedor

Posição no Organograma	Organismo	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Coordenador do PAE	SMSP: Secretaria Municipal de Segurança e Prevenção	Márcio Lobato Rodrigues	(31) 3314-7870
Empreendedor	PBH: Prefeitura de Belo Horizonte	Álvaro Damião	(31) 3277- 4148

Quadro 3.2 - Grupos de Intervenção Direta

Grupo	Organismos	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Inspeção e Avaliação de Risco	Subsecretaria de Zeladoria Urbana - SUZURB	Maurício Fonseca Brandão	(31) 3277-5993
	Gerência de Manutenção de Bacias de Detenção e Barragens - GMABC	Jaime Lourenço Lage	(31) 3277-8142
Operação	SUDECAP	Leonardo José Gomes	(31) 3277-8001
	SUPDEC: Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil	Waldir Figueiredo Vieira	(31) 3277-8864
	SMOBI: Secretaria de Obras e Infraestrutura	Leandro César Pereira	(31) 3277-5010
	URBEL	Claudius Vinicius Leite Pereira	(31) 3277-8109
	BHTRANS	Deusuite Matos Pereira de Assis	(31) 3379-5501
	SOMOB	Rafael Murta Resende	(31) 3299-3506
Combate e Salvamento	SUPDEC: Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil	Waldir Figueiredo Vieira	(31) 3277-8864
Meio Ambiente	SMMA: Secretaria de Meio Ambiente	Gelson Leite	(31) 3246-5009
	SLU: Limpeza Urbana	Gilberto Silva Ramos	3277-9333

Quadro 3.3 - Grupos de Apoio Interno

Grupo	Organismo	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Comunicação	Assessora-Chefe de Comunicação Social	Andrea Loureiro Moreira Magalhães Alves	(31) 3277- 4148
	Assessoria de Comunicação da SMOBI	Virgínia Castro	(31) 3277-8004
	Assessoria de Comunicação da SUPDEC	Reger Roger Victor	(31) 3277-8864
	COP-BH: Centro de Operações	Geórgia Ribeiro	(31) 3314-7870
Assistência Jurídica	SUDECAP: Diretoria Jurídica	Felipe Alexandre Santa Anna Mucci Daniel	(31) 3277-8011
	PGM: Procuradoria Geral do Município	Hércules Guerra	(31) 3277-4075
Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência	SMSA: Secretaria Saúde	Danilo Borges Matias	(31) 3277-6392
	SMASDH: Secretaria Municipal de Assistência Social e Direitos Humanos	André Reis	(31) 3277-4562
	SMSP: Secretaria Municipal de Segurança e Prevenção	Márcio Lobato Rodrigues	(31) 3277-4414
	GMBH: Guarda Municipal	Comandante Júlio César Pereira de Freitas	(31) 3277-4241

4 DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM E POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

4.1 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

A Barragem do Córrego Cama4rões é uma barragem destinada a regularização de vazão do Córrego Camarões, com vista ao controle de cheias da área urbana de Belo Horizonte/MG.

A Barragem Camarões, pertencente à Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, está localizada no Córrego homônimo, afluente do ribeirão Arrudas, no município de Belo Horizonte, bacia hidrográfica do rio das Velhas / rio São Francisco, nas 19° 59' 15.60" S, 44° 02' 02.14" O, tal como se apresenta na Figura 4.1-1, apresentada a seguir.

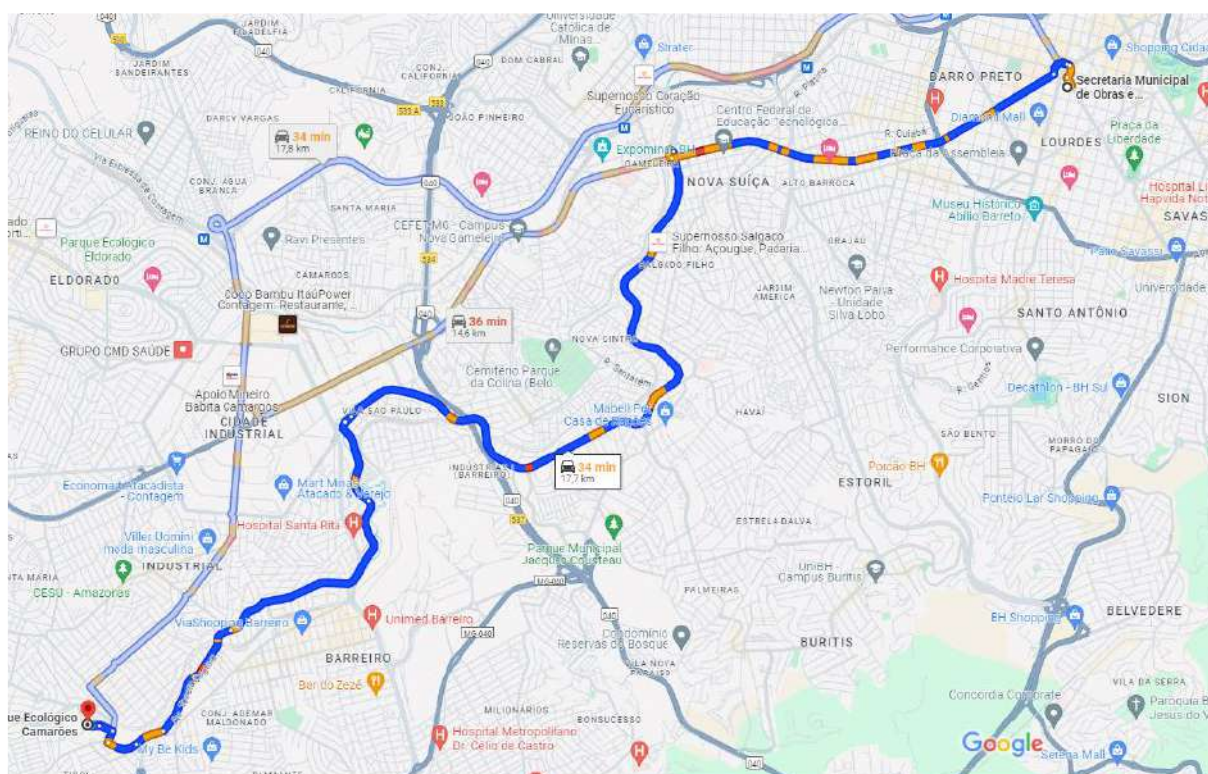


Figura 4.1-1 – Localização da Barragem Camarões no Contexto Regional do Município de Belo Horizonte

A Barragem do Córrego Camarões está localizada a sudoeste a 12,0 km da sede da SMOBI, situada no município de Belo Horizonte., tal como indicado na Figura 4.1-2, apresentada a seguir.

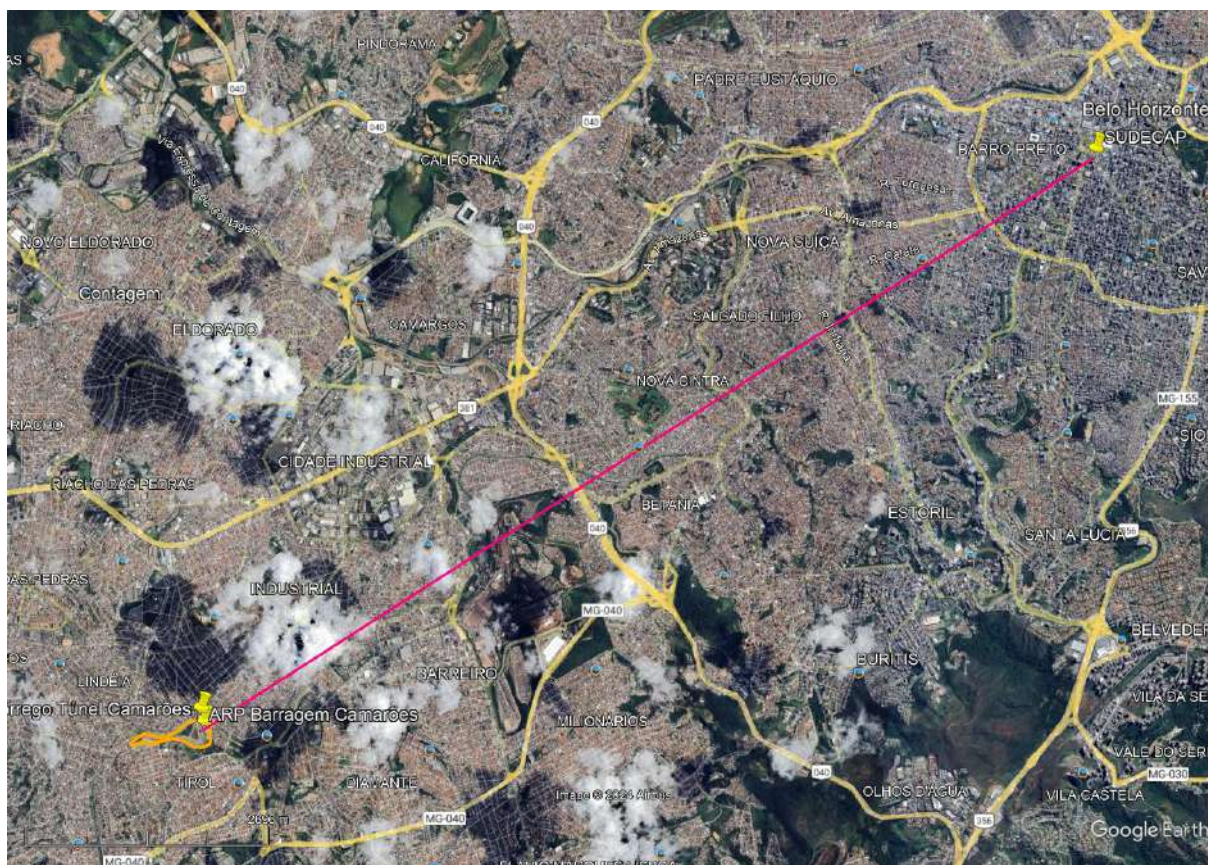


Figura 4.1-2 – Localização e Acesso da Barragem Camarões

4.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA BARRAGEM

O Córrego Camarões é pertencente à Bacia Hidrográfica do Córrego Jatobá, afluente pela margem esquerda do Ribeirão Arrudas. A bacia hidrográfica drena uma área de aproximadamente 5 km².

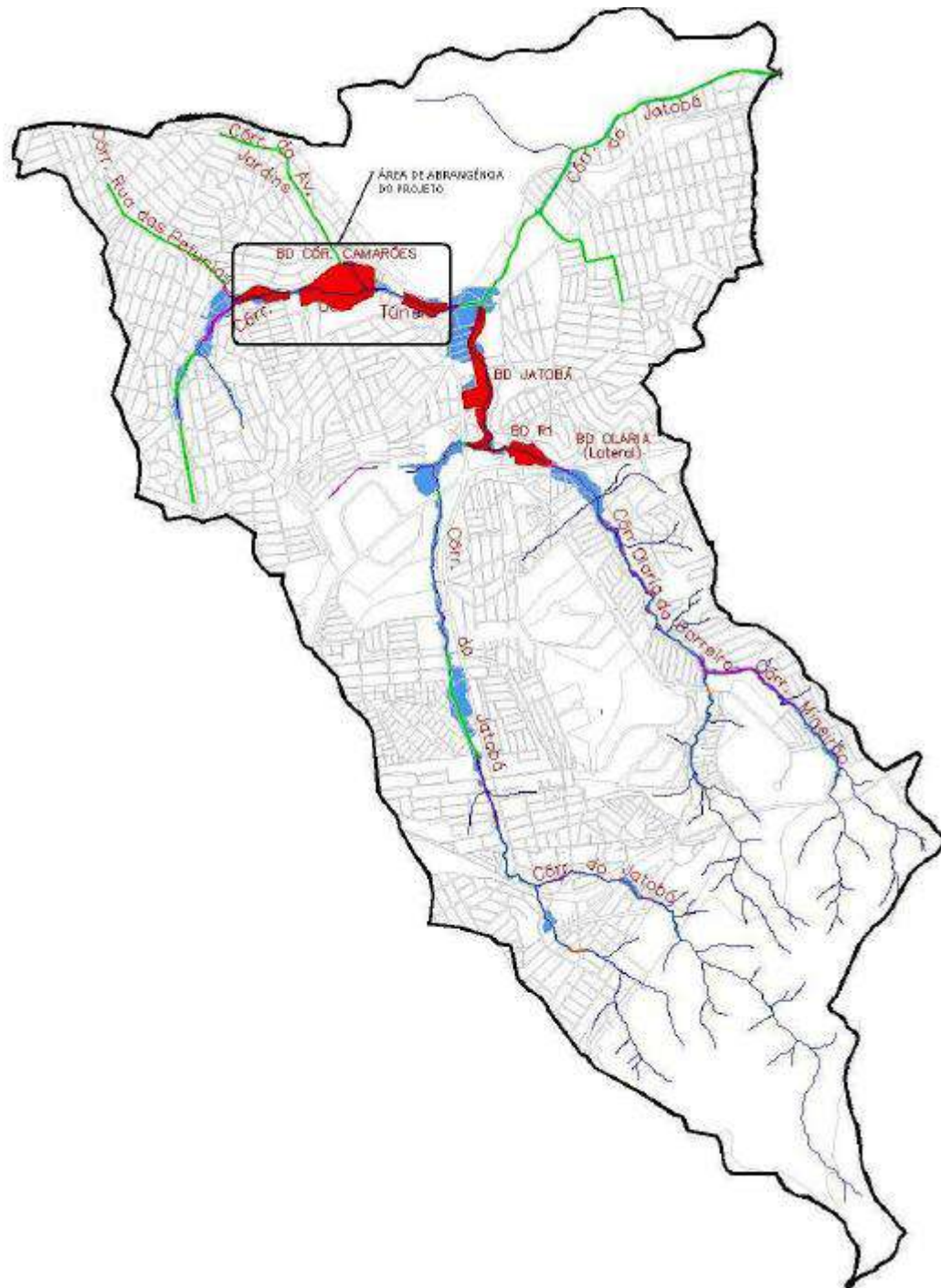


Figura 4.2-1 – Bacia Hidrográfica do Córrego Jatobá – Bacia de Detenção do Córrego Túnel Camarões

4.2.1 Barramento Camarões (Dados do Projeto Original)

- Altura máxima: 10 m (terra);
- Comprimento: 100 m;
- Fundação: solo residual;

- Vertedor Operacional em galeria com dimensões de 2,50m x 1,25m – descarga de fundo;
- Vertedouro de Emergência em soleira livre de concreto, com 5,5 m de largura e bacia de dissipação em degraus;
- Sistema de controle de enchentes: reservatório com capacidade de retenção de cerca de 530.000 m³.

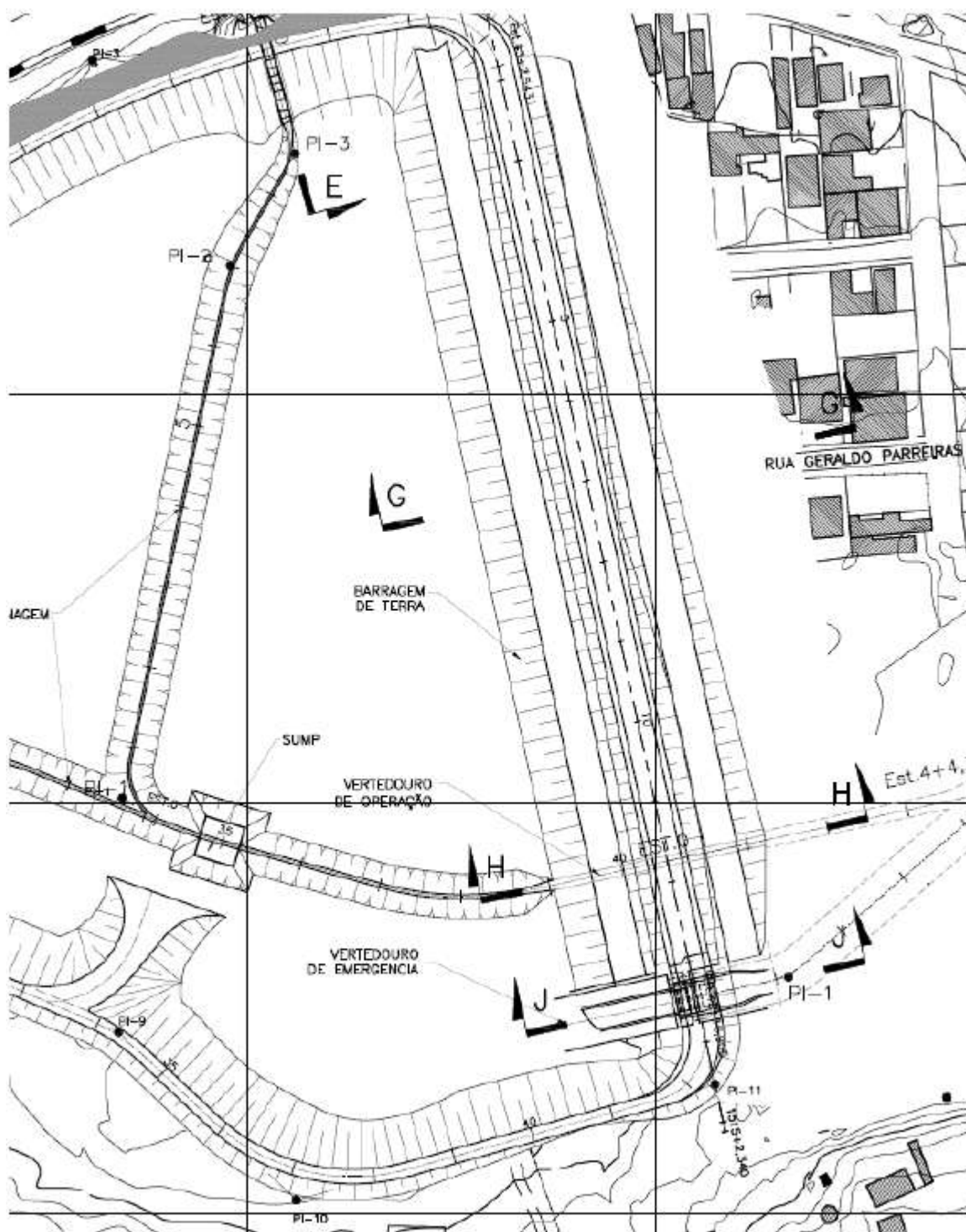
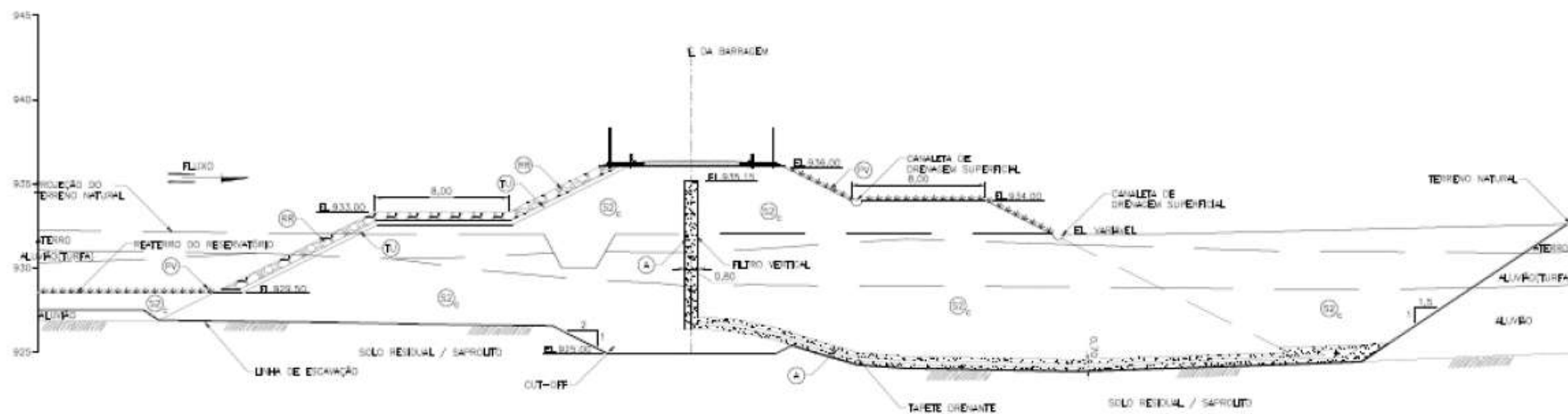


Figura 4.2-2 – Barragem do Córrego Túnel Camarões – Planta



Seção G-G (Ombreira Direita)

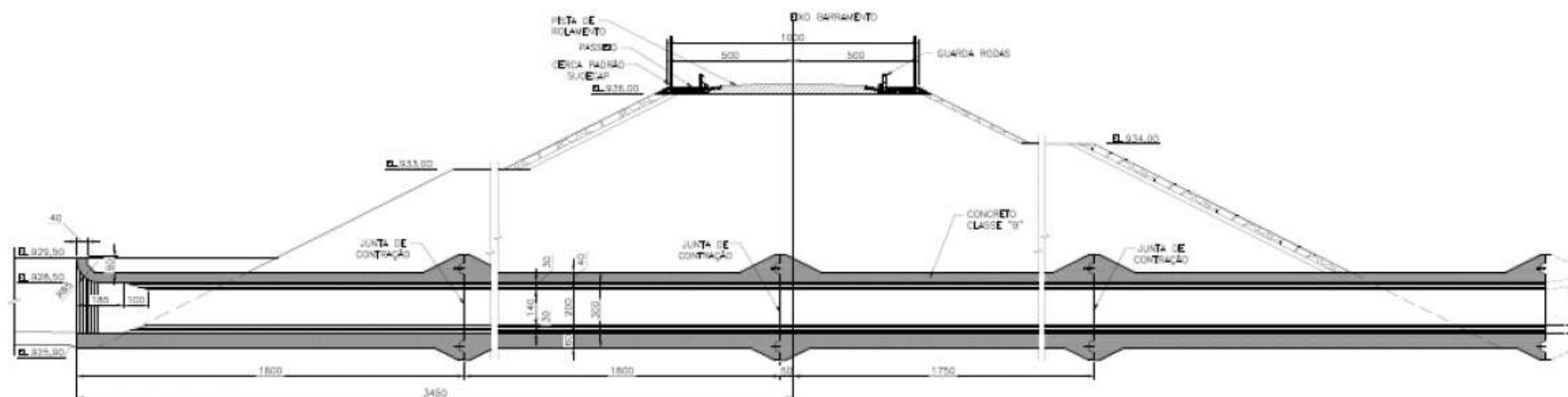


Figura 4.2-3 – Barragem do Córrego Túnel Camarões - Seção H-H

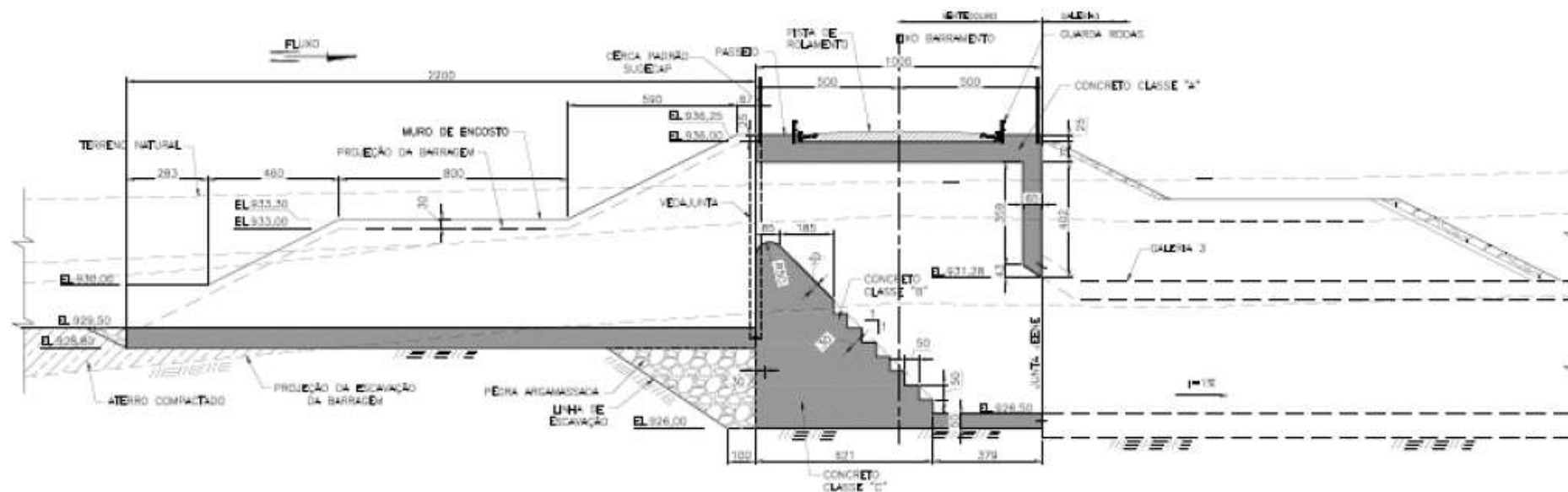


Figura 4.2-4 – Barragem do Córrego Túnel Camarões - Seção J-J

5 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA EM POTENCIAL

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

Os níveis de segurança e risco de ruptura são classificados em 4 categorias associadas a diferentes cores e ordenadas em ordem crescente de risco conforme Quadro 5.1-1.

Quadro 5.1-1 – Categorias quanto aos níveis de segurança e risco de ruptura

Nível de Segurança	Cor	Descrição
1	 Verde	Normal: quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas ao longo do tempo
2	 Amarelo	Atenção: quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem não comprometem a segurança da barragem no curto prazo, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas
3	 Laranja	Alerta: quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem risco à segurança da barragem, no curto prazo, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema
4	 Vermelho	Emergência: quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos decorrentes do colapso da barragem

Os itens a seguir detalham os critérios para ativação de cada nível.

5.2 CRITÉRIOS DE ATIVAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

5.2.1 Nível 1 – Verde: Situação Normal

O nível 1 – Verde é ativado quando são observadas as seguintes situações:

- situação adversa, ainda controlável pelo empreendedor e/ou;
- estrutura da barragem afetada, porém de maneira remediável.

5.2.2 Nível 2 – Amarelo – Situação de Atenção

O nível 2 – Amarelo é ativado quando são observadas as seguintes situações:

- situação adversa evoluindo rapidamente e/ou;
- estrutura da barragem afetada de maneira significativa.

5.2.3 Nível 3 – Laranja - Situação de Alerta

O nível 3 – Laranja é ativado quando são observadas as seguintes situações:

- situação adversa fora de controle pelo empreendedor e/ou;
- estrutura da barragem afetada de maneira severa e irreversível.

5.2.4 Nível 4 – Vermelho - Situação de Emergência

O nível 4 – Vermelho é ativado quando são observadas as seguintes situações:

- Acidente Inevitável e/ou Catástrofe se iniciando ou Ruptura já ocorreu;
- Estrutura em colapso.

5.3 AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE SEGURANÇA

São descritas, a seguir, as ações correspondentes às notificações para cada nível de segurança da barragem:

5.3.1 Nível 1 – Verde - Situação Normal

- **Fluxo de notificação interno:**

- Encarregado da Barragem deve monitorar a situação, comunicar ao coordenador do PAE;
- Coordenador do PAE deve comunicar o empreendedor.

5.3.2 Nível 2 – Amarelo: Situação de Atenção

- **Fluxo de notificação interno:**

- Coordenador do PAE deve comunicar o empreendedor.

- **Fluxo de notificação externo:**

- Empreendedor deve notificar as autoridades públicas (entidade fiscalizadora e responsáveis pelos serviços de Defesa Civil).

5.3.3 Nível 3 – Laranja - Situação de Alerta

- **Fluxo de notificação interno:**

- Coordenador do PAE deve comunicar o empreendedor.

- **Fluxo de notificação externo:**

- Empreendedor deve notificar as autoridades públicas (entidade fiscalizadora e responsáveis pelos serviços de Defesa Civil);

- Empreendedor deve alertar a população potencialmente afetada na zona de autossalvamento;
- População residente na zona de autossalvamento deve abandonar a área potencialmente inundável.

5.3.4 Nível 4 – Vermelho - Situação de Emergência

▪ **Fluxo de notificação interno:**

- Coordenador do PAE deve comunicar o empreendedor.

▪ **Fluxo de notificação externo**

- Empreendedor deve notificar as autoridades públicas;
- Empreendedor deve alertar a população potencialmente afetada na zona de autossalvamento.
- População residente na zona de autossalvamento deve abandonar a área potencialmente inundável.

5.4 TÉRMINO DA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Uma vez terminada a situação de emergência, o empreendedor deve providenciar a elaboração do relatório de encerramento de evento de emergência, em até 60 dias, contendo, no mínimo:

- I – Descrição detalhada do evento e possíveis causas;
- II – Relatório fotográfico;
- III – Descrição das ações realizadas durante o evento, inclusive cópia das declarações emitidas e registro dos contatos efetuados;
- IV – Indicação das áreas afetadas com identificação dos níveis ou cotas altimétricas atingidas pela onda de cheia;
- V – Consequências do evento, inclusive danos materiais à vida e à propriedade;
- VI – Proposições de melhorias para revisão do PAE;
- VII – conclusões do evento; e
- VIII – Ciência do responsável legal pelo empreendimento.

6 FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO

Apresenta-se na Figura 6-1, a seguir, o fluxograma de tomada de decisão/notificação das ações a serem executadas em situações de emergência.

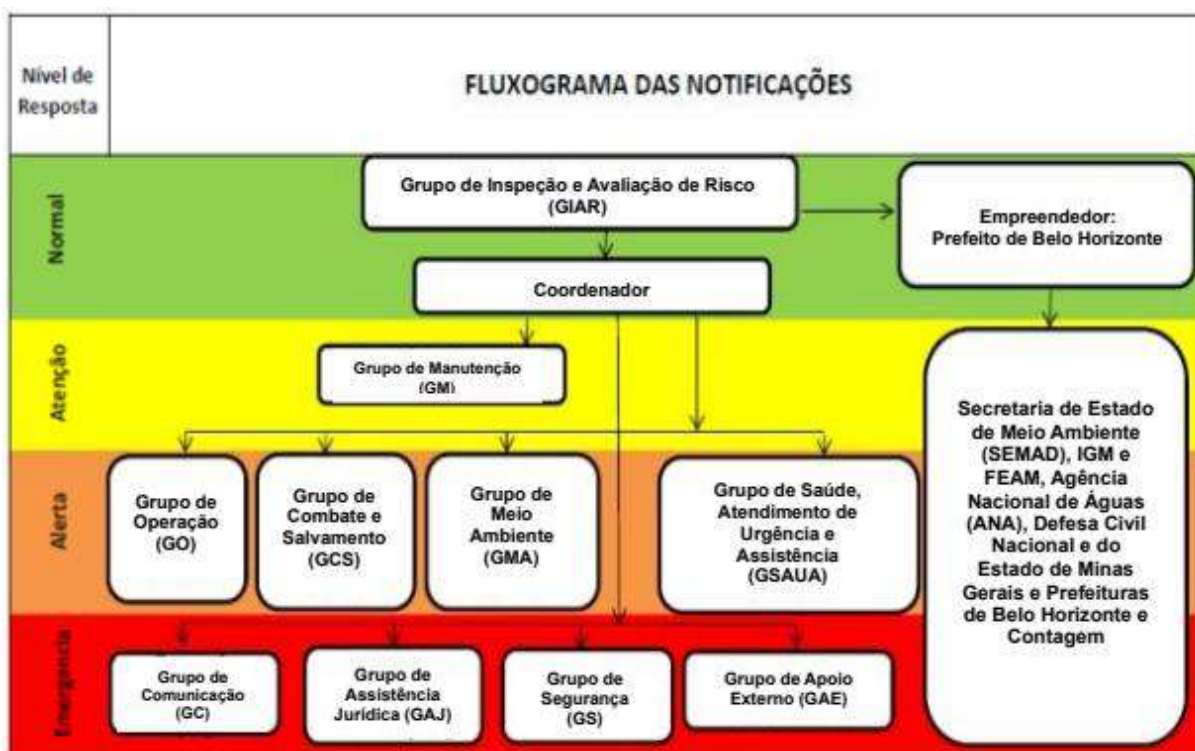
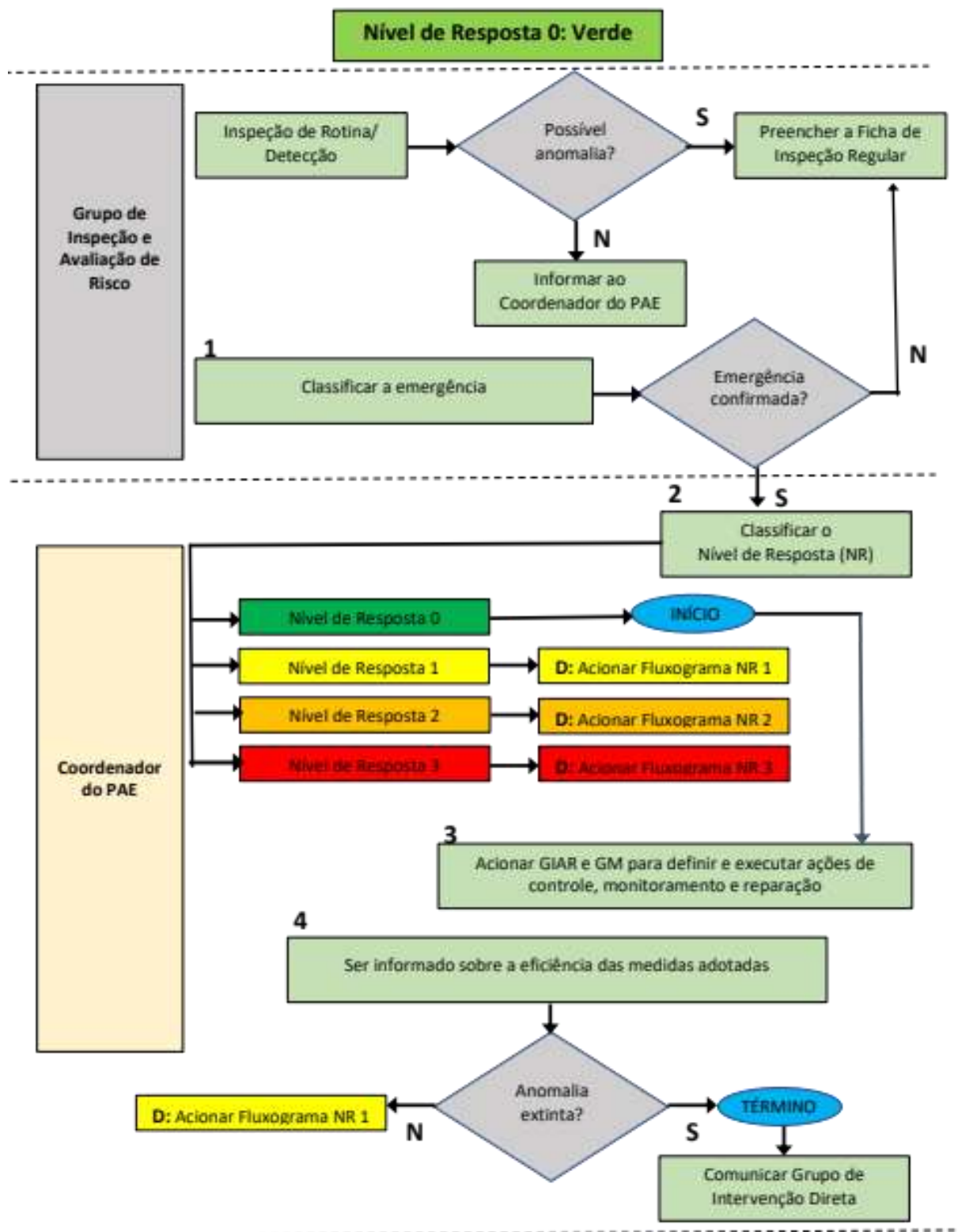
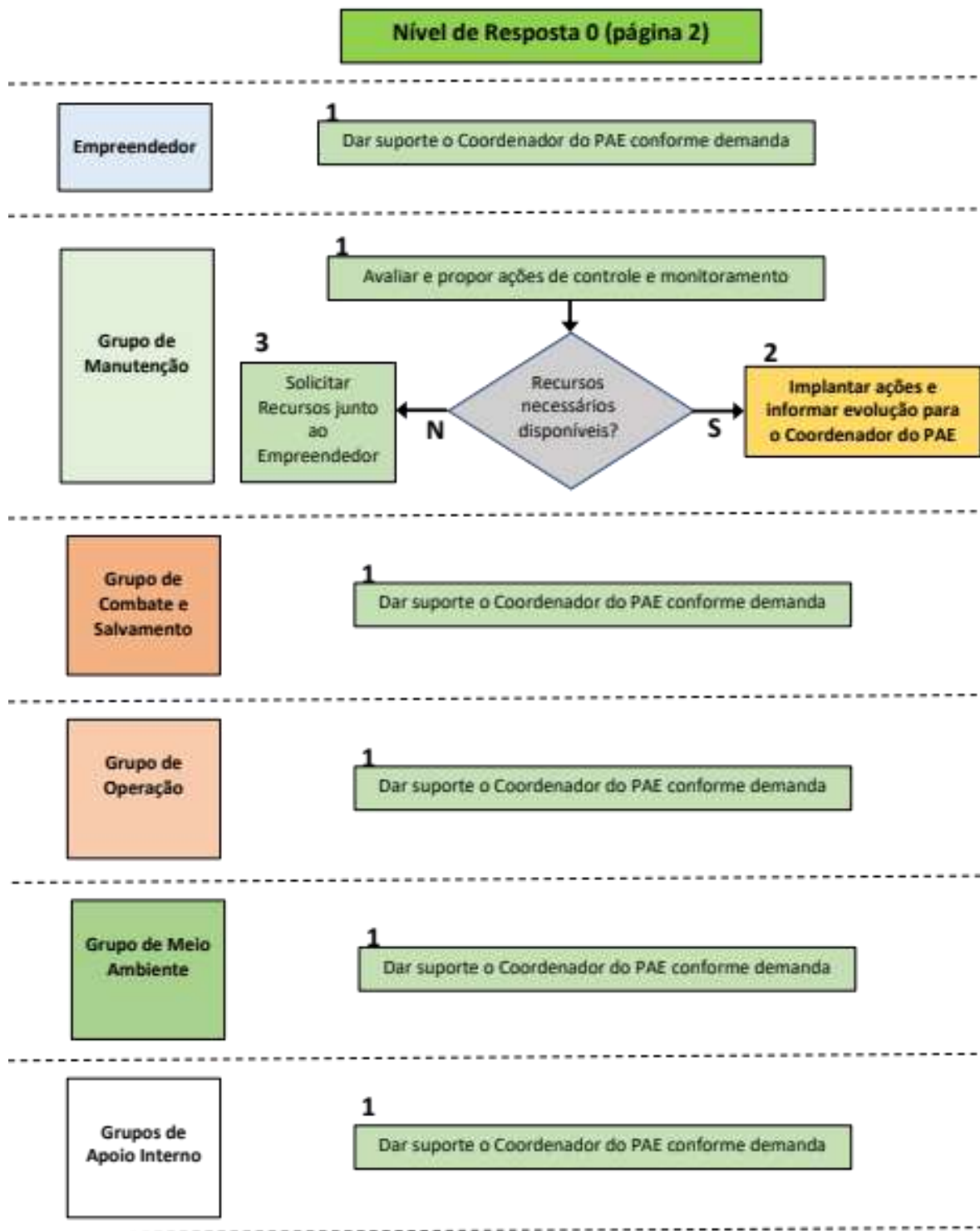


Figura 6-1 – Fluxograma de Tomada de Decisão/Notificação

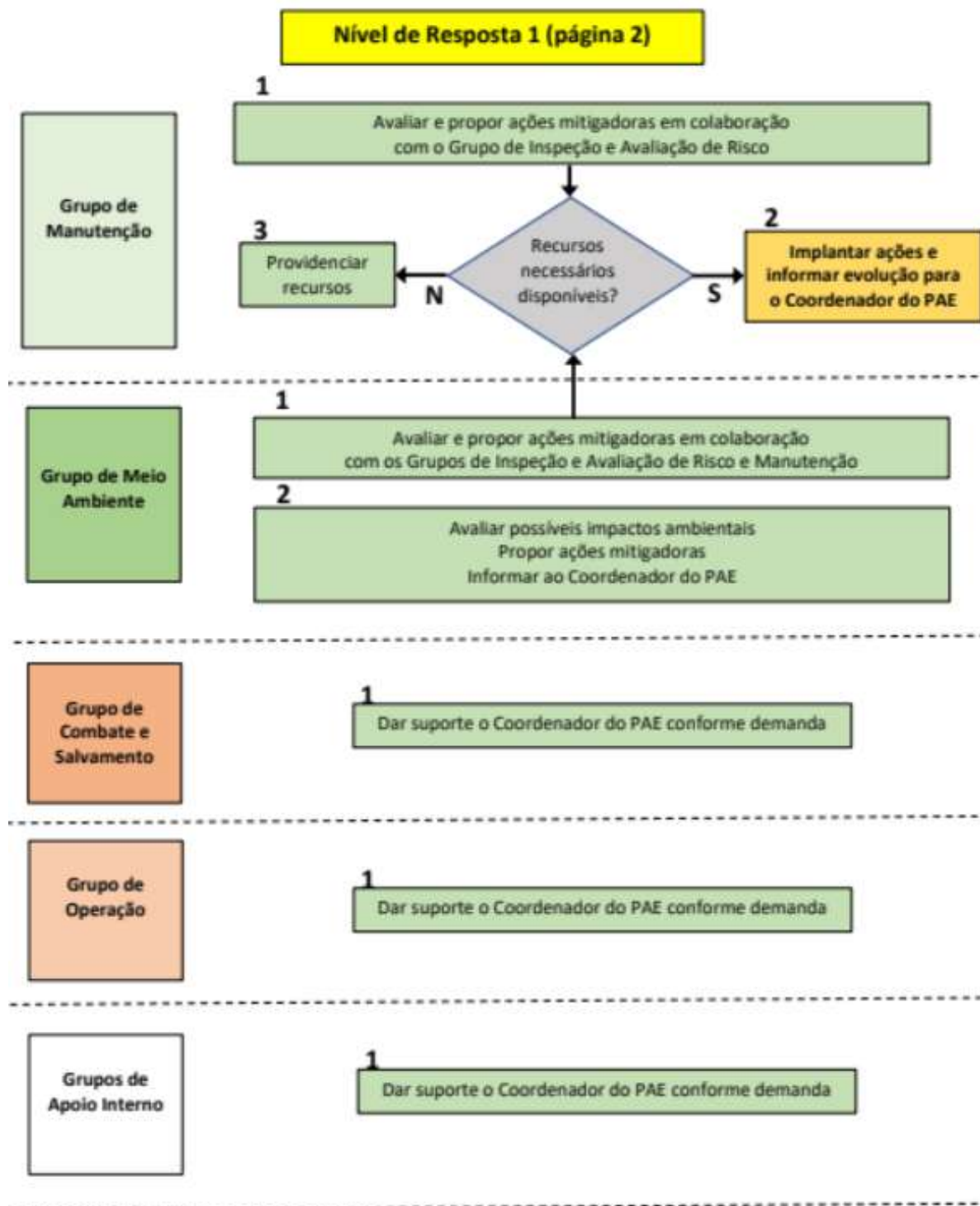
A seguir são apresentados os fluxogramas para cada nível de resposta.



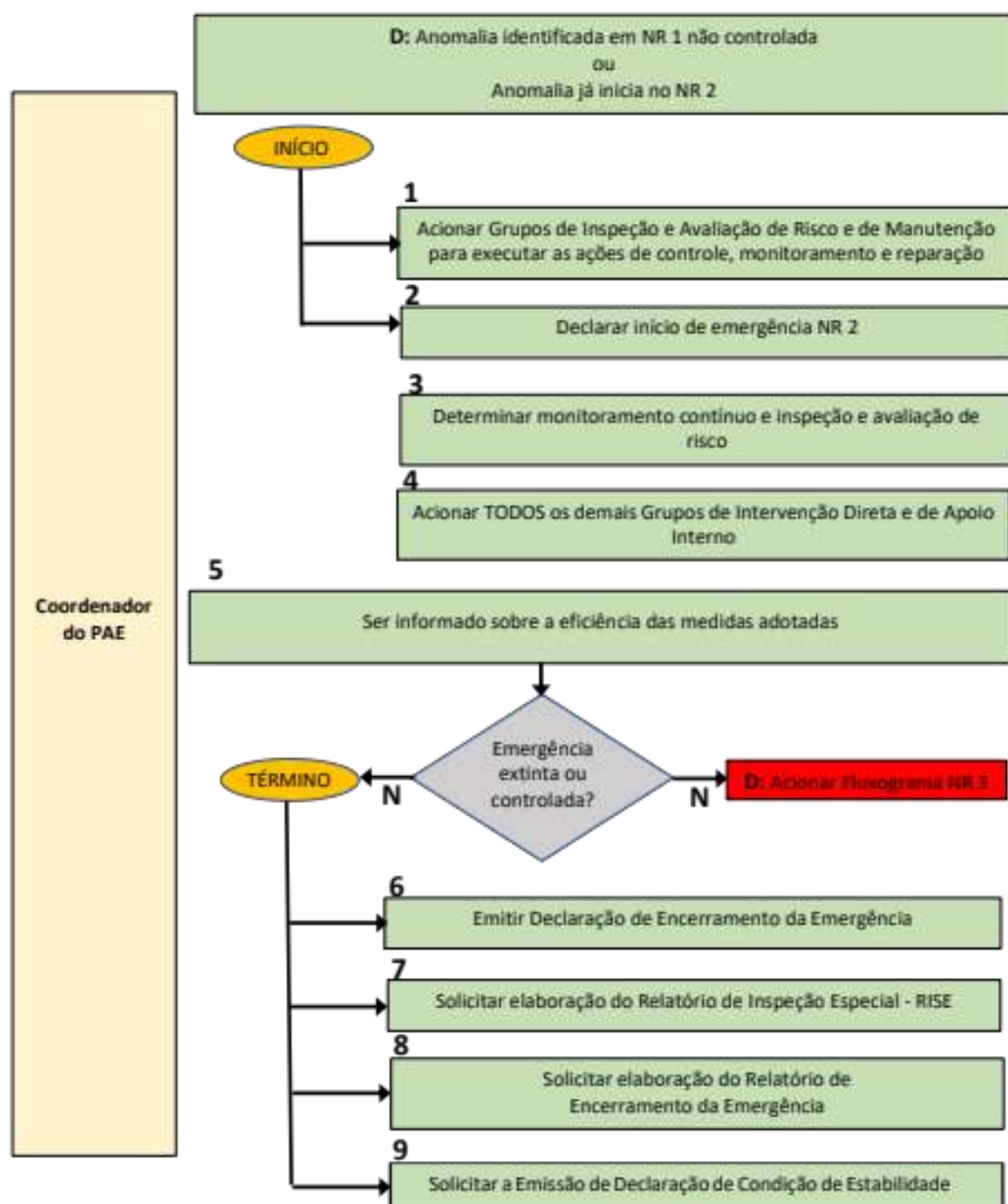


Nível de Resposta 1: Amarelo

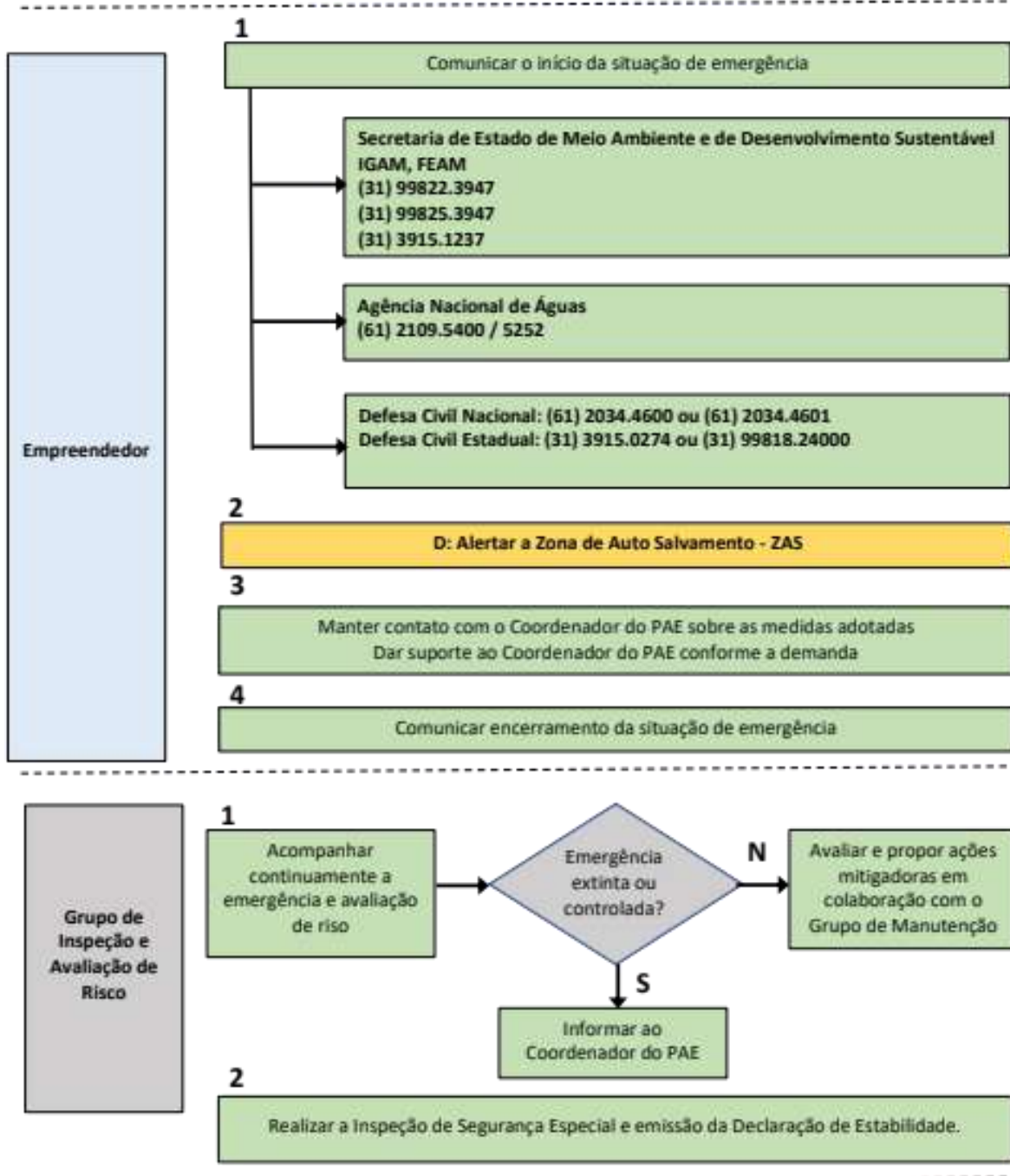


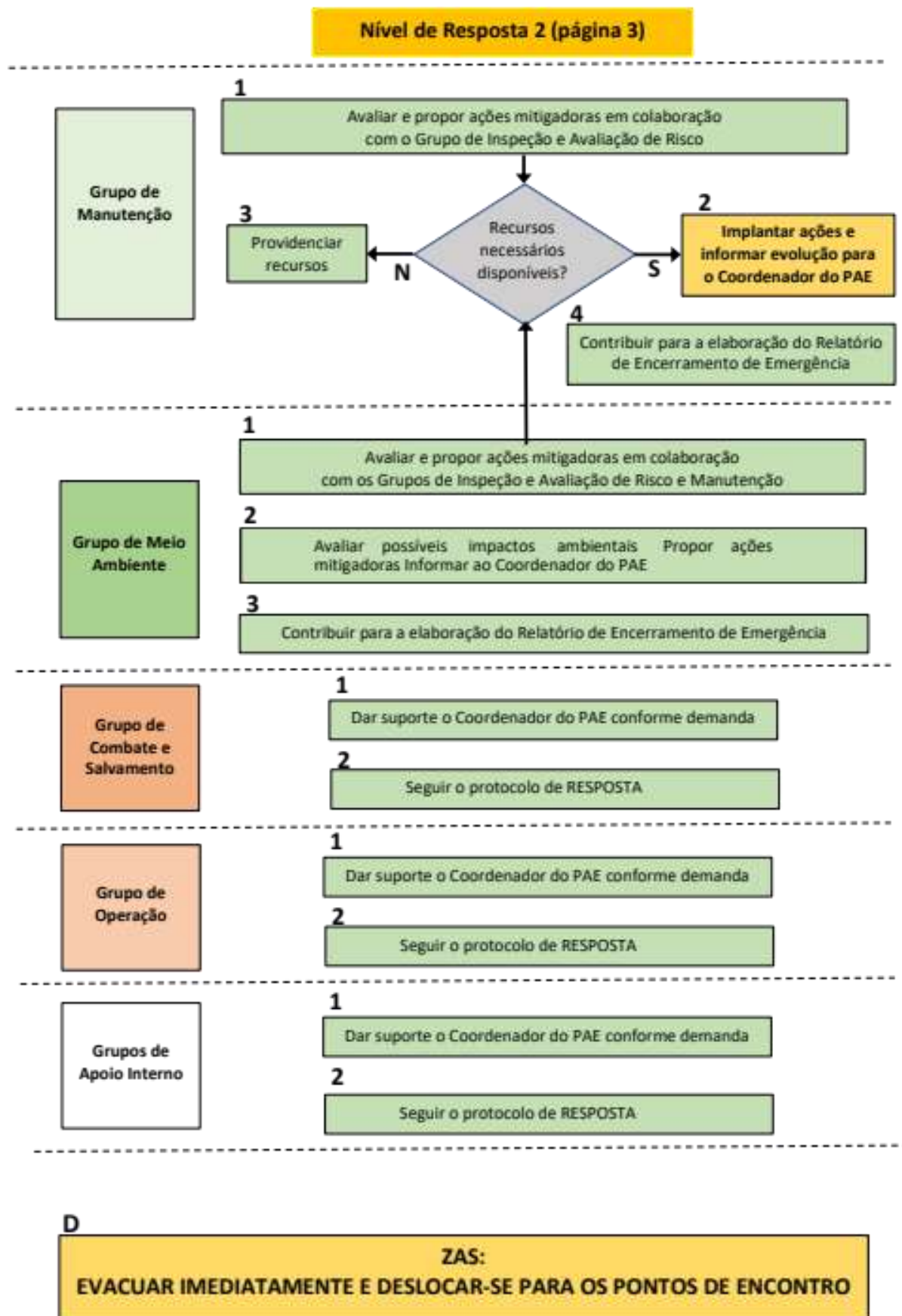


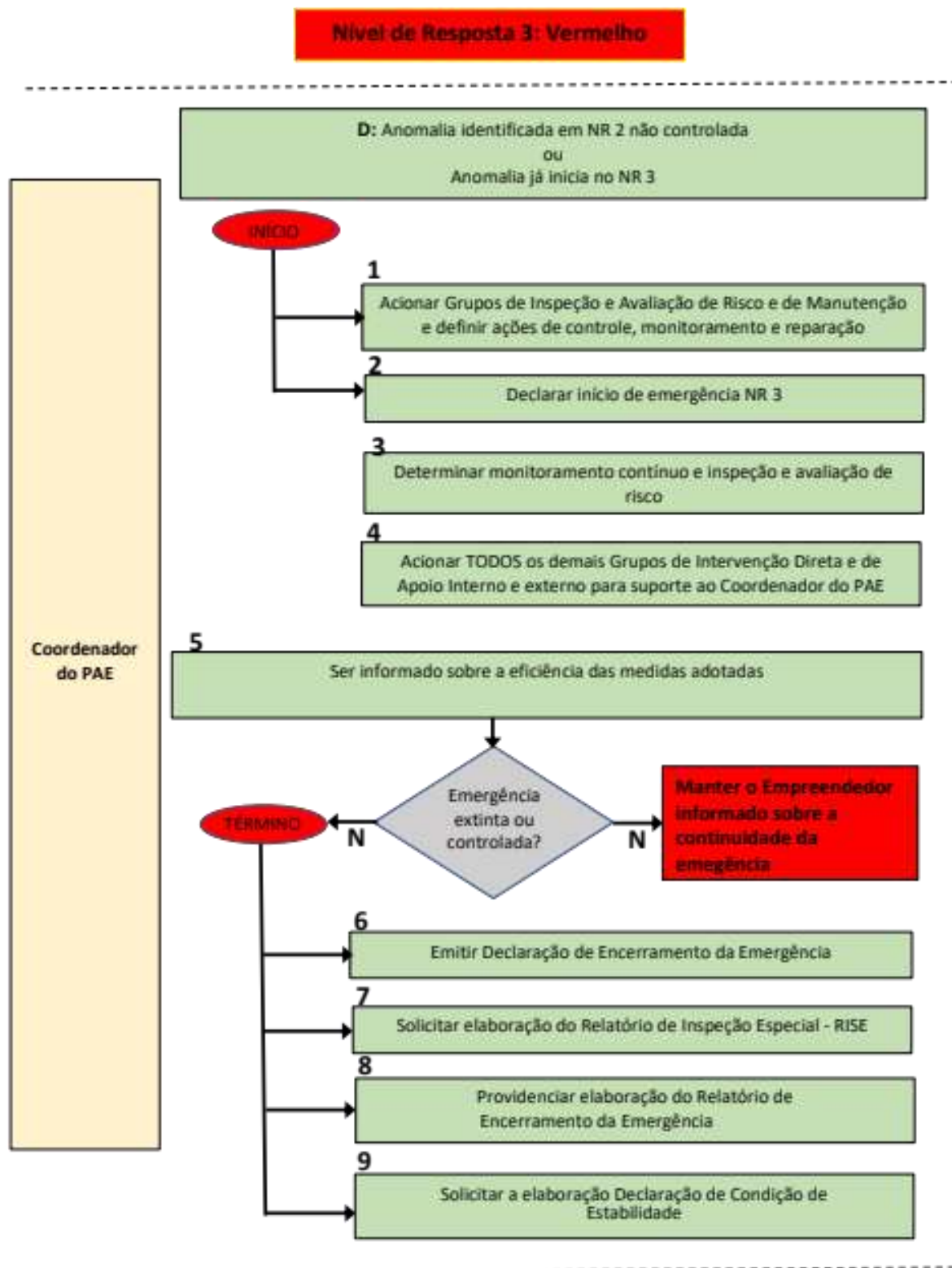
Nível de Resposta 2: Laranja



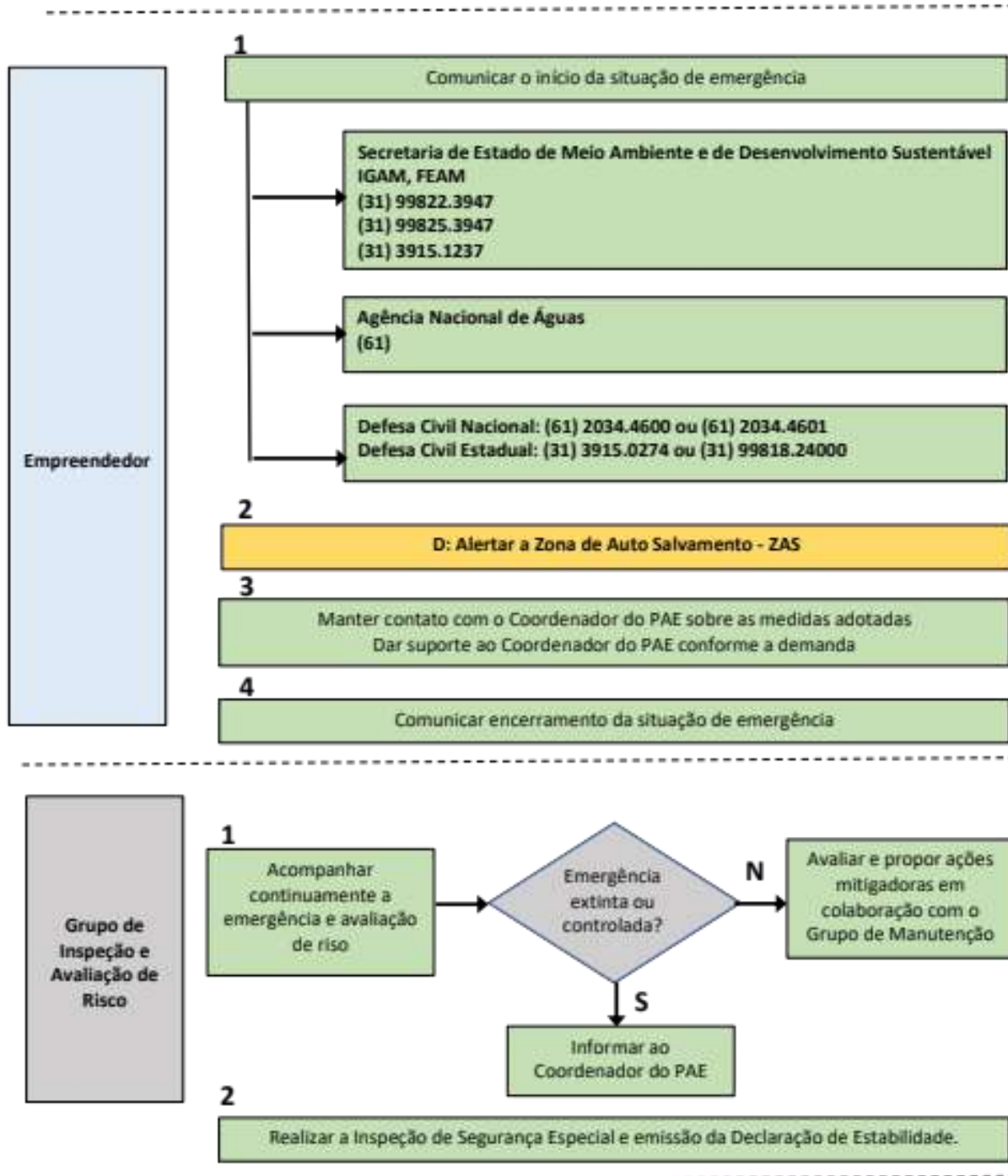
Nível de Resposta 2 (página 2)



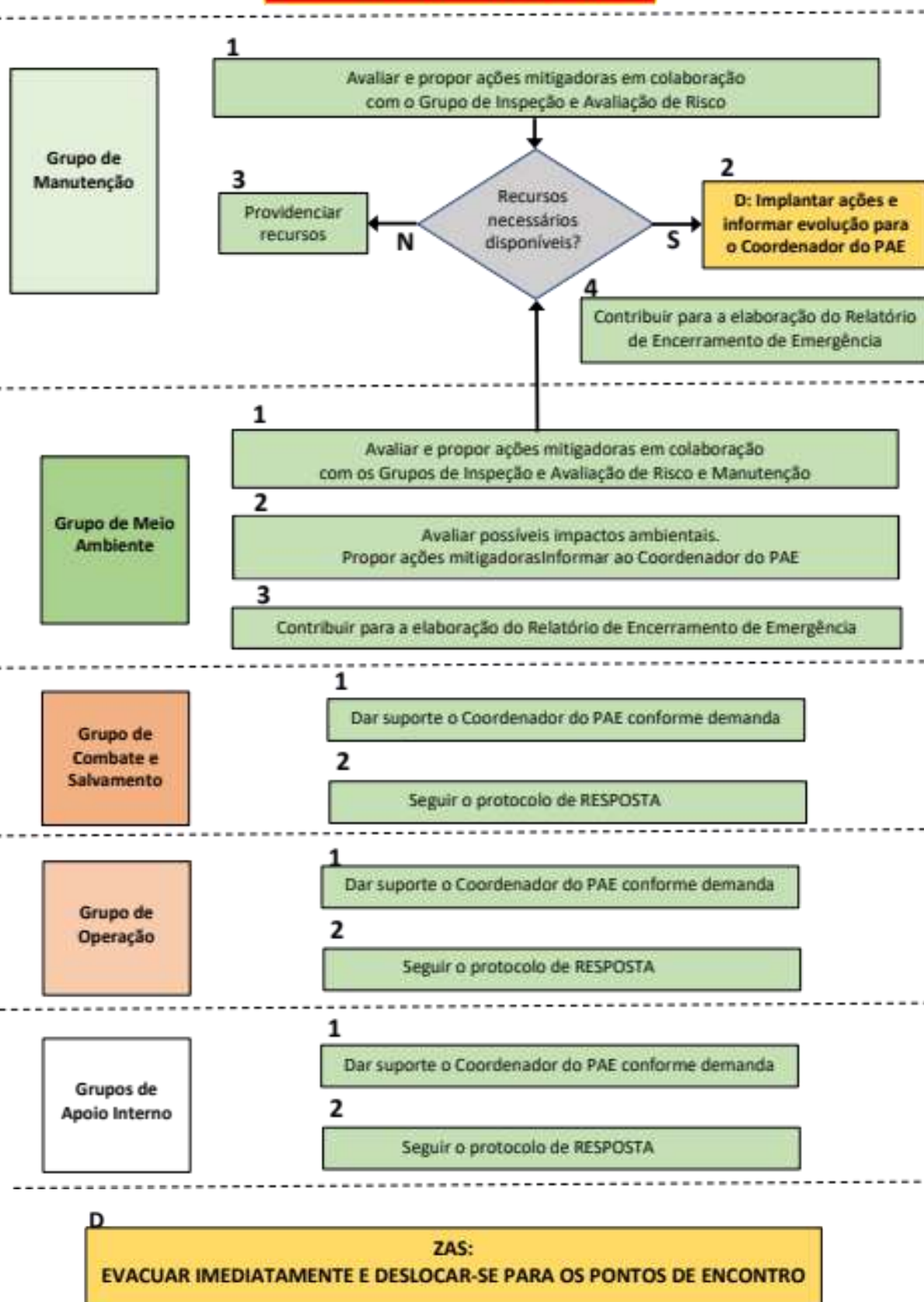




Nível de Resposta 3 (página 2)



Nível de Resposta 3 (página 3)



7 RESPONSABILIDADES NO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE (EMPREENDEDOR, COORDENADOR DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA – PAE, EQUIPE TÉCNICA E DEFESA CIVIL)

O presente estudo contém o mapeamento institucional de todas as instituições envolvidas no PAE da Barragem (Capítulo 3 do presente documento), incluindo as ações de prevenção, preparação, resposta, recuperação e avaliação. No presente item, dados os objetivos pertinentes ao PAE, são descritas as responsabilidades relacionadas à resposta a situações de emergência, conforme o nível de resposta (ver fluxograma de notificação, Capítulo 6 do presente documento).

7.1 COORDENADOR DO PAE

As responsabilidades do Coordenador do PAE encontram-se listadas no Quadro 7.1.

Quadro 7.1. Responsabilidades do Coordenador do PAE - SMSP

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 0: Verde	a) Declarar o nível de resposta verde, a partir de nível de risco informado pelo GIAR; b) Receber informações do GIAR e GM sobre o monitoramento e as ações de controle e reparação; c) Receber retorno do GIAR e do GM, se as medidas implementadas na barragem foram efetivas; d) Acionar o nível de resposta superior, caso a situação de emergência persista ou se agrave, segundo informações do GIAR; e) Declarar o encerramento da emergência, se a situação de emergência for extinta, segundo informações do GIAR.
NR 1: Amarelo	a) Declarar nível de resposta amarelo, a partir de nível de risco informado pelo GIAR; b) Receber informações do GIAR e GM para sobre a vigilância e monitoramento contínuos da barragem e estruturas associadas; c) Solicitar retorno do GIAR e do GM, se informações se as medidas implementadas na barragem foram efetivas; d) Acionar o nível de resposta superior, caso a situação de emergência persista ou se agrave, segundo informações do GIAR; e) Declarar o encerramento da emergência, se a situação de emergência for extinta, segundo informações do GIAR.

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 2: Laranja	a) Declarar o início da emergência de nível de resposta laranja, a partir de nível de risco informado pelo GIAR; b) Apoiar o empreendedor na comunicação do alerta à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas e à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional; c) Receber informações do GIAR e GM sobre a vigilância e monitoramento contínuos da barragem e estruturas associadas; d) Solicitar retorno do GIAR e do GM, se informações se as medidas implementadas na barragem foram efetivas; e) Estabelecer o Comando Centralizado das operações de emergência no Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) e convocar representantes de todos os órgãos dos Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI); f) Acionar Empreendedor e os grupos do GID e do GAI para mobilizarem os recursos humanos, materiais e logísticos necessários para fazer face à situação de emergência; g) Acionar os Grupos de Combate e Salvamento (GCS), Operação (GO), Meio Ambiente (GMA) e Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência (GSAUA) para estado de prontidão para eventual evacuação imediata da ZAS; h) Acionar o nível de resposta superior, a situação de emergência persista ou se agrave, segundo informações do GIAR; i) Se a situação de emergência for extinta, 1. Emitir Declaração de Encerramento da Emergência; 2. Solicitar ao GIAR que providencie a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE); 3. Solicitar ao GIAR e GM que providenciem a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; 4. Solicitar ao GAI que providenciem o Relatório de Encerramento de Emergência; Apoiar o Empreendedor para encaminhamento à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas e à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional o Relatório de Encerramento da Emergência, em até 60 dias após declarado o início da emergência.

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 3: Vermelho	a) Declarar o início da emergência de nível de resposta vermelho, a partir de nível de risco informado pelo GIAR; b) Solicitar ao empreendedor que comunique o alerta à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas e à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional; c) Receber informações do GIAR e GM sobre a vigilância e monitoramento contínuos da barragem e estruturas associadas; d) Solicitar retorno do GIAR e do GM, se informações se as medidas implementadas na barragem foram efetivas; e) Estabelecer o Comando Centralizado das operações de emergência no Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) e Centros de Comando na ZAS, convocando representantes de todos órgãos dos Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI); f) Acionar o Empreendedor, GID e GAI para mobilizarem os recursos humanos, materiais e logísticos necessários para fazer face à situação de emergência; g) Acionar os Grupos de Combate e Salvamento (GCS), Operação (GO), Meio Ambiente (GMA) e Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência para a evacuação imediata da ZAS; h) Se a situação de emergência for extinta, 1. Emitir Declaração de Encerramento da Emergência; 2. Solicitar ao GIAR que providencie a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE); 3. Solicitar ao GIAR e GM que providenciem a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; 4. Emitir, a partir de informações do GID e GAI, o Relatório de Encerramento de Emergência; 5. Solicitar que o Empreendedor Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas e à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional o Relatório de Encerramento da Emergência, em até 60 dias após declarado o início da emergência.

7.2 EMPREENDEDOR

As responsabilidades do Empreendedor encontram-se listadas no Quadro 7.2.

Quadro 7.2. Responsabilidades do Empreendedor

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 0: Verde	a) Tomar conhecimento da situação de emergência, mantendo-se informado e apoiando o Coordenador do PAE; b) Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM para ações e de monitoramento, inspeção, avaliação e implantação de medidas de operação e controle da barragem, inclusive em situação de emergência; c) Tomar conhecimento se as medidas de controle empreendidas foram efetivas; d) Receber comunicação do encerramento da situação de emergência ou de acionamento do nível de resposta superior.
NR 1: Amarelo	a) Tomar conhecimento da situação de emergência, mantendo-se informado e apoiando o Coordenador do PAE; b) Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM para ações e de monitoramento, inspeção, avaliação e implantação de medidas de operação e controle da barragem, inclusive em situação de emergência; c) Tomar conhecimento, se as medidas de controle empreendidas foram efetivas; d) Receber comunicação do encerramento da situação de emergência ou de acionamento do nível de resposta superior.
NR 2: Laranja	a) Tomar conhecimento da situação de emergência, mantendo-se informado e apoiando o Coordenador do PAE; b) Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM para ações e de monitoramento, inspeção, avaliação e implantação de medidas de operação e controle da barragem, inclusive em situação de emergência; c) Comunicar o alerta de nível de resposta laranja à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas e à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional; d) Apoiar o estabelecimento de Comando Centralizado das Operações de emergência no Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) e para a convocação de todos os Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI); e) Apoiar a mobilização dos recursos humanos, materiais e logísticos necessários para fazer face à situação de emergência; f) Apoiar os Grupos de Combate e Salvamento (GCS), Operação (GO), Meio Ambiente (GMA) e Saúde, Atendimento de Urgência e

Nível de Resposta	Ações a empreender
	Assistência no estabelecimento do estado de prontidão para eventual evacuação imediata da ZAS; g) Tomar conhecimento se, as medidas de controle empreendidas na barragem foram efetivas; h) Receber comunicação do encerramento da situação de emergência ou de acionamento do nível de resposta vermelho; i) Se a situação de emergência for extinta: 1. Subsidiar o GIAR para que este providencie a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE); 2. Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM para que estes providenciem a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; 3. Receber o Relatório de Encerramento de Emergência elaborado pelo Coordenador; Encaminhar à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas e à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional o Relatório de Encerramento da Emergência, em até 60 dias após declarado o início da emergência.
NR 3: Vermelho	a) Tomar conhecimento da situação de emergência e apoiar Coordenador do PAE; b) Subsidiar as ações do GIAR e do GM de monitoramento, inspeção, avaliação e implantação de medidas de controle da situação de emergência; c) Comunicar o alerta de nível de resposta vermelho à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas e à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional; d) Apoiar o Coordenador do PAE para o estabelecimento de Comando Centralizado das Operações de Emergência no Centro de Operações de Belo Horizonte (COP-BH) e Centros de Comando na ZAS, com representantes de todos órgãos dos Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI); e) Garantir ao Coordenador do PAE os recursos humanos, materiais e logísticos necessários para fazer face à situação de emergência; f) Dar subsídios os Grupos de Combate e Salvamento (GCS), Operação (GO), Meio Ambiente (GMA) e Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência na evacuação imediata da ZAS; g) Tomar conhecimento, se as medidas de controle empreendidas foram efetivas e se não, quais novas medidas serão adotadas; h) Receber comunicação do encerramento da situação de emergência ou de permanência do nível de resposta vermelho; i) Se a situação de emergência for extinta:

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 3: Vermelho	1. Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR para que este providencie a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE); 2. Assegurar a disponibilidade dos recursos demandados pelo GIAR e GM que estes que providenciem a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; 3. Receber o Relatório de Encerramento de Emergência elaborado pelo Coordenador; 4. Encaminhar à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas e à Defesa Civil do Estado de Minas Gerais e Nacional o Relatório de Encerramento da Emergência, em até 60 dias após declarado o início da emergência.

7.3 EQUIPES TÉCNICAS

As Equipes Técnicas do PAE da barragem estão reunidas nos Grupos de Inspeção e Avaliação de Risco (GIAR: SUDECAP), de Manutenção (GM: SUDECAP), de Operação (GO: SMOBI, SUDECAP, SUPDEC, URBEL e BHTrans) e de Meio Ambiente (GMA: SMMA e SLU).

As responsabilidades desses grupos e instituições estão listadas nos Quadros 7.3 a 7.5.

Quadro 7.3. Responsabilidades dos Grupos de Inspeção e Avaliação de Risco (GIAR) e de Manutenção (GM)

Nível de Resposta	Ações a empreender
TODOS OS NÍVEIS	a) Executar as ações correntes de inspeção e monitoramento da barragem e do reservatório; b) Detectar anomalias e situações de emergência; c) Classificar das situações de emergência e comunicar ao coordenador e ao empreendedor; d) Acompanhar continuamente a emergência e a avaliação de risco, e mantendo o Coordenador do PAE e o Empreendedor informados sobre sua evolução; e) Avaliar, propor e executar ações corretivas das anomalias, conforme previsto no Plano de Segurança da Barragem; f) Disponibilizar recursos humanos, materiais e logísticos para a implantação das ações de emergência; g) Avaliar a efetividade das ações de controle e se, a emergência está controlada; h) Manter o Coordenador do PAE e o Empreendedor informados sobre a evolução da situação de emergência tendo em conta as ações de reparação e controle empreendidas; i) Providenciar a elaboração do Relatório de Inspeção Especial (RISE); j) Providenciar a elaboração da Declaração de Condição de Estabilidade; k) Subsidiar o Coordenador para que este emita o Relatório de Encerramento de Emergência.

Quadro 7.4. Responsabilidades do Grupo de Operação

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 2 e 3: Laranja e Vermelho	a) Executar as ações de resposta previstas no PAE para os níveis de resposta Laranja e Vermelho. b) Efetuar o bloqueio de vias e o desvio do trânsito para as rotas de fuga; c) Liberar as rotas de fuga para assegurar a eficiência da evacuação; d) Realizar a alocação de pessoas removidas em abrigos, com o fornecimento de alimentos, de medicamentos e assistência psicológica, segundo o nível de alerta. e) Realizar a remoção de pessoas e, caso a antecedência o permita, a remoção de veículos e equipamentos das áreas sujeitas à inundação prevista para os níveis de resposta laranja e vermelho. f) Realizar a remoção de ocupantes de escolas, asilos e, se necessários, hospitais, o que requer ações e meios específicos, segundo os níveis de resposta laranja e vermelho.

Quadro 7.5. Responsabilidades do Grupo de Meio Ambiente

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 1: Amarelo	a) Avaliar possíveis impactos ambientais para o nível de resposta amarelo e propor ações mitigadoras.
NR 2: Laranja	a) Avaliar possíveis impactos ambientais para o nível de resposta laranja e propor ações mitigadoras; b) Contribuir para a elaboração do Relatório de Encerramento de Emergência;
NR 3: Vermelho	a) Avaliar possíveis impactos ambientais para o nível de resposta vermelho e propor ações mitigadoras; b) Contribuir para a elaboração do Relatório de Encerramento de Emergência; c) Apoiar as ações emergenciais de limpeza, desobstrução e descontaminação da área diretamente atingida pelo trânsito da onda de ruptura da barragem.

7.4 GRUPO DE COMBATE E SALVAMENTO (DEFESA CIVIL)

As ações do Grupo de Combate e Salvamento são coordenadas e empreendidas pela SUPDEC que também é o Coordenador do PAE. As ações da SUPDEC são apoiadas por todos os Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI), notadamente os Grupos de Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência (GAUA), de Operação (GO), de Comunicação e de Segurança. O Quadro 7.6 define as responsabilidades de defesa civil no âmbito do PAE da Barragem.

Quadro 7.6. Responsabilidades do Grupo de Combate e Salvamento (Defesa Civil: SUPDEC)

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 0: Verde	a) Apoiar o Coordenador do PAE, conforme a demanda;
NR 1: Amarelo	b) Gerenciar e garantir o funcionamento do Sistema de Alerta Sonoro e Visual.

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 2: Laranja	a) Apoiar o Coordenador do PAE, conforme a demanda; b) Emitir os alertas sonoros e visuais, por orientação do Coordenador do PAE. c) Mobilizar os Núcleos de Defesa Civil - NUDEC, Núcleos de Alerta de Chuva - NAC, voluntários, organizar e liderar suas ações durante a crise; d) Promover a remoção de pessoas e, caso a antecedência o permita, a remoção de veículos e equipamentos das áreas sujeitas à inundação prevista, segundo o nível de alerta; e) Promover a remoção de ocupantes de escolas, asilos e, se necessários, hospitais, o que requer ações e meios específicos, segundo o nível de alerta. f) Havendo tempo de antecedência do alerta, coordenar e organizar, o deslocamento de objetos mais susceptíveis a danos em propriedades privadas, o fechamento de registros de água potável, do gás, o desligamento da chave geral de eletricidade e, quando disponível, o fechamento do registro do ramal predial interno de esgotos, evitando seu retorno ao interior da construção. g) Apoiar a alocação de pessoas removidas em abrigos, o fornecimento de alimentos, medicamentos e assistência psicológica, com o apoio da SMASAC. h) Contribuir para a elaboração do Relatório de Encerramento de Emergência.
NR 3: Vermelho	a) Apoiar o Coordenador do PAE, conforme a demanda; b) Emitir os alertas sonoros e visuais, por orientação do Coordenador do PAE. c) Mobilizar os Núcleos de Defesa Civil - NUDEC, Núcleos de Alerta de Chuva - NAC, voluntários, organizar e liderar suas ações durante a crise. d) Promover a remoção de pessoas e, caso a antecedência o permita, a remoção de veículos e equipamentos das áreas sujeitas à inundação prevista, segundo o nível de alerta. e) Promover a remoção de ocupantes de escolas, asilos e, se necessários, hospitais, o que requer ações e meios específicos, segundo o nível de alerta. f) Havendo tempo de antecedência do alerta, coordenar e organizar, o deslocamento de objetos mais susceptíveis a danos em propriedades privadas, o fechamento de registros de água potável, do gás, o desligamento da chave geral de eletricidade e, quando disponível, o fechamento do registro do ramal predial interno de esgotos, evitando seu retorno ao interior da construção. g) Apoiar a alocação de pessoas removidas em abrigos, o fornecimento de alimentos, medicamentos e assistência psicológica, com o apoio da SMASAC.

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 3: Vermelho	h) Apoiar o atendimento médico de urgência em zonas sinistradas, com o apoio da SMSA e da SMASAC. i) Apoiar o deslocamento de feridos para centros de saúde e hospitais, com o apoio da SMSA. j) Apoiar os serviços de busca e resgate de pessoas em situação de risco de morte e a busca por desaparecidos, com o apoio da GMBH e do CBMMG. k) Apoiar o controle do tráfego em vias com risco iminente de inundação, e o seu desvio para rotas de fuga empreendido pela BHTrans e Grupo de Operação. l) Apoiar a implantação de ações de contingenciamento, quando possível, como a implantação de diques de emergência, a instalação de estações de bombeamento, entre outras, empreendidas pelo GIAR e GM. m) Apoiar ações de segurança à propriedade, evitando roubos e saques empreendido, empreendidas pelo GS. n) Apoiar a remoção e o manejo de cadáveres. o) Estabelecer um serviço de comunicação permanente com a mídia e com parentes de vítimas e desaparecidos com o apoio do GC; p) Contribuir para a elaboração do Relatório de Encerramento de Emergência;

8 ESTUDO DE ROMPIMENTO DA BARRAGEM E POSSÍVEIS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Devido às proximidades das Barragens de Olaria, Jatobá e do Túnel Camarões e também de todos eles desaguiarem no Ribeirão Arrudas, foram realizadas simulações com suas rupturas hipotéticas simultâneas, sendo as de Olaria e Jatobá em cascata, isto é, ruptura hipotética sucessiva, com a barragem Jatobá rompendo após o rompimento de Olaria.

8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As simulações de ruptura da barragem contemplaram a ruptura propriamente dita da barragem e a propagação da onda de cheia no trecho de jusante da barragem, decorrente da ruptura da barragem.

O mecanismo de ruptura depende basicamente do tipo da barragem, ou seja, de estruturas rígidas e as deformáveis. As barragens rígidas são aquelas de concreto e alvenaria, por exemplo e as deformáveis, as de terra, enrocamento, gabiões etc.

As causas de rompimento de barragens podem ser por ruptura de fundação, galgamento e escorregamento do talude. Estatísticas de rupturas de barragens, levantadas pela ASCE/USCOLD, indicam que as causas de rompimento de barragens são, aproximadamente, 38 % por “overtopping” ou galgamento, 33 % por “piping” ou erosão interna das barragens de terra, 23 % por problemas na fundação e 6 % devido a outras causas, ou seja, 56 % são por problemas geológicos/geotécnicos.

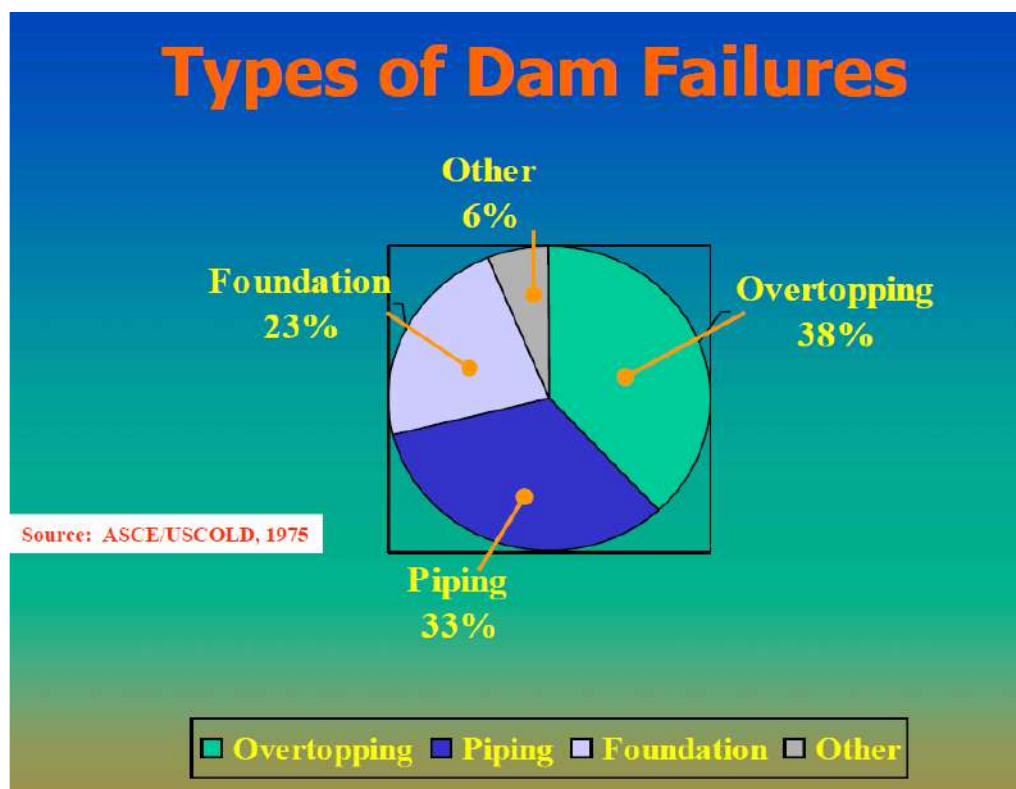


Figura 8.1-1 - Causas de Ruptura de Barragens.

Fonte: MDE.

8.2 RUPTURA DE BARRAGENS COM ESTRUTURAS DEFORMÁVEIS

A estrutura da Barragem é de terra compactada, ou seja, é do tipo deformável. As principais causas de rompimento das barragens com estruturas deformáveis (terra) são por transbordamento e erosão interna e/ou “piping”. As barragens podem romper também por outras causas, entre outras: erosão regressiva causada por correntes de recirculação, deficiência na dissipação de energia etc.

Os transbordamentos são causados por: falta de capacidade das estruturas vertentes (falhas ou alterações nas condições hidrológicas e/ou subdimensionamentos hidráulicos), falha na operação, falha na manutenção (entupimento, por exemplo), falha na construção etc.

Experiências têm mostrado que o formato final da brecha, para maciços de terra ou enrocamento tem formato aproximadamente trapezoidal, seja o rompimento provocado por “overtopping” ou por “piping”.

O “piping” é um fenômeno que ocorre devido ao arraste de partículas (grãos de areia ou de silte, por exemplo) pelo escoamento para fora do maciço, devido às forças hidrodinâmicas exercidas pelo escoamento sobre essas partículas.

De uma forma geral, as forças que agem sobre uma partícula são: gravidade, atrito, coesão e os esforços hidrodinâmicos. Uma partícula é arrastada quando o esforço hidrodinâmico é maior que as forças resistentes, representadas pelo atrito e coesão.

O esforço hidrodinâmico é originado pelo fluxo que percola pelo maciço e emerge na face de jusante. Numa barragem de terra, esse fluxo é originado pelo desnível existente entre o reservatório a jusante e pode aflorar em algum ponto.

As erosões por “piping” ocorrem não somente em corpos de barragens, mas também em encostas e em valas. As voçorocas são casos típicos de erosões provocadas por “piping”. O mecanismo apresentado explica os motivos pelas quais as erosões por “piping” ocorrem principalmente em maciços compostos por materiais granulares com baixa coesão.

São locais propícios para a ocorrência de “piping”: junção das estruturas de concreto com a barragem de terra, interface entre um tubo de descarga posicionada dentro do corpo de uma barragem de terra etc. Estes pontos são susceptíveis de ocorrência de erosão interna devido à dificuldade de compactação adequada, além da dificuldade na fiscalização da sua construção.

A estimativa da formação da brecha, foi feita com a utilização do método de Froelich (2016), dadas pelas equações:

$$B_{avg} = 0,27 \cdot K_M \cdot V_w^{1/3}$$

$$T_f = \frac{63,2}{3600} \left(\frac{V_w}{g \cdot H_b^2} \right)^{0,5}$$

Sendo:

- B_{avg} = largura da brecha (m);
- K_M = parâmetro do tipo de ruptura: overtopping = 1,3; piping = 1,0;
- V_w = volume d'água (m³);
- T_f = tempo de formação da brecha (h);
- H_b = altura da barragem (m).

Foram utilizados os valores recomendados pela ANA, no seu “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens – Volume IV – Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência _ PAE, de abril de 2016, apresentados no quadro a seguir.

Quadro 5 – Valores característicos da brecha de ruptura (adaptado de USBR, 1989)

Tipo de barragem	Largura média da brecha ($\bar{B}_{bre}$)	Componente horizontal da inclinação dos taludes da brecha (1V:ZH)	Tempo de ruptura (horas)
Concreto em arco	Todo o desenvolvimento da barragem ou $\bar{B}_{bre} \geq 0,8 B_{barr}$	$0 \leq Z \leq$ Inclinação do vale	$t_{rot} \leq 0,1$
Concreto gravidade	Um múltiplo de vários blocos, sendo usualmente, $\bar{B}_{bre} \leq 0,5 B_{barr}$	$Z=0$	$0,1 \leq t_{rot} \leq 0,3$
Terra/Enrocamento	$H_{barr} < \bar{B}_{bre} < 5 H_{barr}$	$1/4 \leq Z \leq 1$	$0,5 \leq t_{rot} \leq 3$
Estêreis de minas	$\bar{B}_{bre} \geq 0,8 H_{barr}$	$1 \leq Z \leq 2$	$0,1 \leq t_{rot} \leq 0,3$

As vazões de pico foram estimadas, para rompimento por “overtopping”, pela equação desenvolvida por Wetmore e Fread, apresentada a seguir:

$$Q_p = 3.1 B_{avg} H_w^{1.5} \left(\frac{\gamma}{\gamma + T_f \sqrt{H_w}} \right)^3$$

Where:

Q_p = Dam break peak discharge in cfs

B_{avg} = Average breach width in feet

H_w = Maximum depth of water stored behind the breach in feet

T_f = Breach development time in hours

γ = Instantaneous flow reduction factor = $23.4 A_s / B_{avg}$ (equivalent to ‘C’ in Wetmore and Fread (1984))

A_s = Surface area of the reservoir in acres corresponding to H_w

Para “piping”:

$$Q_p = C_p D^2 \sqrt{2g \left(H_w - \frac{D}{2} \right)}$$

Q_p = Dam break peak discharge in cfs

C_p = Piping Orifice Coefficient

H_w = Maximum depth of water stored behind the breach in feet

D = Dimension of square breach hole

Para a Barragem do Túnel Camarões e ruptura por “overtopping”:

- Cota da crista da barragem = 936,25 m;
- Cota da base da barragem = 929,50 m;
- Volume do reservatório: 294.000 m³;
- Altura da barragem: 6,75 m;
- Largura da brecha: 23,3 m;
- Tempo de formação: 0,45 h.

Foram feitos estudos de ruptura somente para caso de “overtopping”, pelo fato de esta barragem por funcionar sempre vazio, ocorrendo enchimento somente por ocasião de cheias.

8.3 RUPTURA DE BARRAGENS COM ESTRUTURAS RÍGIDAS

São consideradas estruturas rígidas, as barragens que não podem sofrer deformações, tais como de concreto armado, concreto tipo gravidade, pedra argamassada etc., que são as Barragens de Olaria e Jatobá.

Nestes casos, o rompimento é rápido, da ordem de alguns minutos e ocorrem nas juntas de concretagem e nos pontos frágeis, tais como trincas, falhas na concretagem etc.

8.4 ESTUDO DE PROPAGAÇÃO DA ONDA DE RUPTURA DA BARRAGEM

O rompimento de uma barragem provoca a formação de uma onda de inundação para jusante, que é função de características da formação da brecha. A onda de inundação deste tipo apresenta formato não linear e a sua propagação não pode ser modelada por meio de procedimentos simplificados, em regime permanente e uniforme, tal como é o caso da utilização da equação de Manning.

Para se fazer a simulação da propagação da onda de ruptura de barragem foi necessário realizar uma modelagem matemática, utilizando-se modelos hidrodinâmicos de escoamento de água, pois a onda de cheia que ocorre com rompimento de uma barragem não é em regime permanente e nem é uniforme, e, também, a distribuição das pressões do escoamento não se dá de forma hidrostática.

No caso, foi utilizada a modelagem hidrodinâmica unidimensional do “software” HEC-RAS 6.5 devido às características geométricas dos trechos de propagação das ondas de ruptura da barragem e às grandes extensões dos trechos modelados.

8.5 CONDIÇÕES DE CONTORNO GEOMÉTRICO DO TERRENO

As condições de contorno geométrico da modelagem matemática foram estabelecidas por meio da definição do modelo digital do terreno (MDT), que foi obtido a partir dos dados topográficos fornecidos pela Prefeitura do Município de Belo Horizonte, levantados com a tecnologia LIDAR – Light Detection and Range, baseados em interferometria com LASER, resultando em topografia de altíssima precisão.

O MDT do trecho de interesse foi obtido com a utilização do “software” QGIS, criando-se um arquivo do tipo Geo-Tiff. O arquivo do modelo digital de elevação foi processado com o auxílio do módulo RAS Mapper do HEC-RAS, obtendo-se os traçados dos cursos d’água, das seções e os limites da modelagem matemática.

8.6 CONDIÇÕES DE CONTORNO HIDRÁULICO

A simulação de rompimento por galgamento foi realizada para a condição da cheia máxima com período de retorno de 10.000 anos em cascata, isto é, rompimento da Barragem Olaria, seguido do rompimento da Barragem Jatobá e, simultaneamente, com rompimento da Barragem do Córrego do Túnel Camarões.

8.7 SIMULAÇÃO DA ONDA DE RUPTURA DA BARRAGEM

A simulação da onda de ruptura da barragem foi feita com a utilização do “software” HEC-RAS, que simula a propagação dos escoamentos provenientes da ruptura da barragem e elabora as manchas de inundações com base no MDT, este elaborado com o auxílio do software QGIS.

Foi feita a simulação do pior caso de rompimento da barragem da Represa de Acumulação, ou seja, a ruptura hipotética, por transbordamento, durante a ocorrência de uma cheia decamilenar na bacia hidrográfica.

A simulação da ruptura e de propagação das ondas das cheias foi feita com a utilização do módulo de simulação em regime não permanente do HEC-RAS, sendo estabelecidos o intervalo de tempo de discretização, intervalo de tempo de gravação dos resultados, data ou horário de início de simulação.

Após o término das simulações os resultados foram lidos pelo módulo RAS Mapper, que delimita as manchas de inundação, extrapolando para o terreno os dados dos níveis d’água.

São apresentados a seguir, os resultados da simulação das rupturas hipotética por “overtopping” das barragens de Olaria, Jatobá e Túnel Camarões, causadas pela vazão de cheia com recorrência de 10.000 anos.

São também apresentadas as manchas de inundação resultante da passagem dessa mesma cheia, mas sem as rupturas hipotéticas dessas barragens.

Apresenta-se na Figuras 8.7-1 a seguir, o perfil da linha d’água máxima considerando as rupturas hipotéticas das barragens, na Figura 8.7-2, a planta da mancha de inundação máxima decorrente da passagem da cheia e, na Figura 8.7-3, a mancha de inundação máxima decorrente da onda de ruptura dessas barragens e, na Figura 8.7-4 a planta dos seus riscos hidrodinâmicos máximos.

As manchas de inundação devidas às rupturas hipotéticas são sentidas nas proximidades das barragens e são praticamente imperceptíveis no Ribeirão Arrudas a partir da junção com Córrego do Túnel Camarões.

As áreas a jusante das barragens são densamente povoadas e as ondas se propagam ao longo do curso d’água a jusante da barragem, afetando essas áreas urbanas e, embora os efeitos das rupturas hipotéticas sejam praticamente imperceptíveis a partir da junção com o Córrego Túnel Camarões, foram feitas simulações até o município de Sabará, devido ao fato de o Ribeirão Arrudas cruzar toda a cidade de Belo Horizonte e percorrer a sua área central.

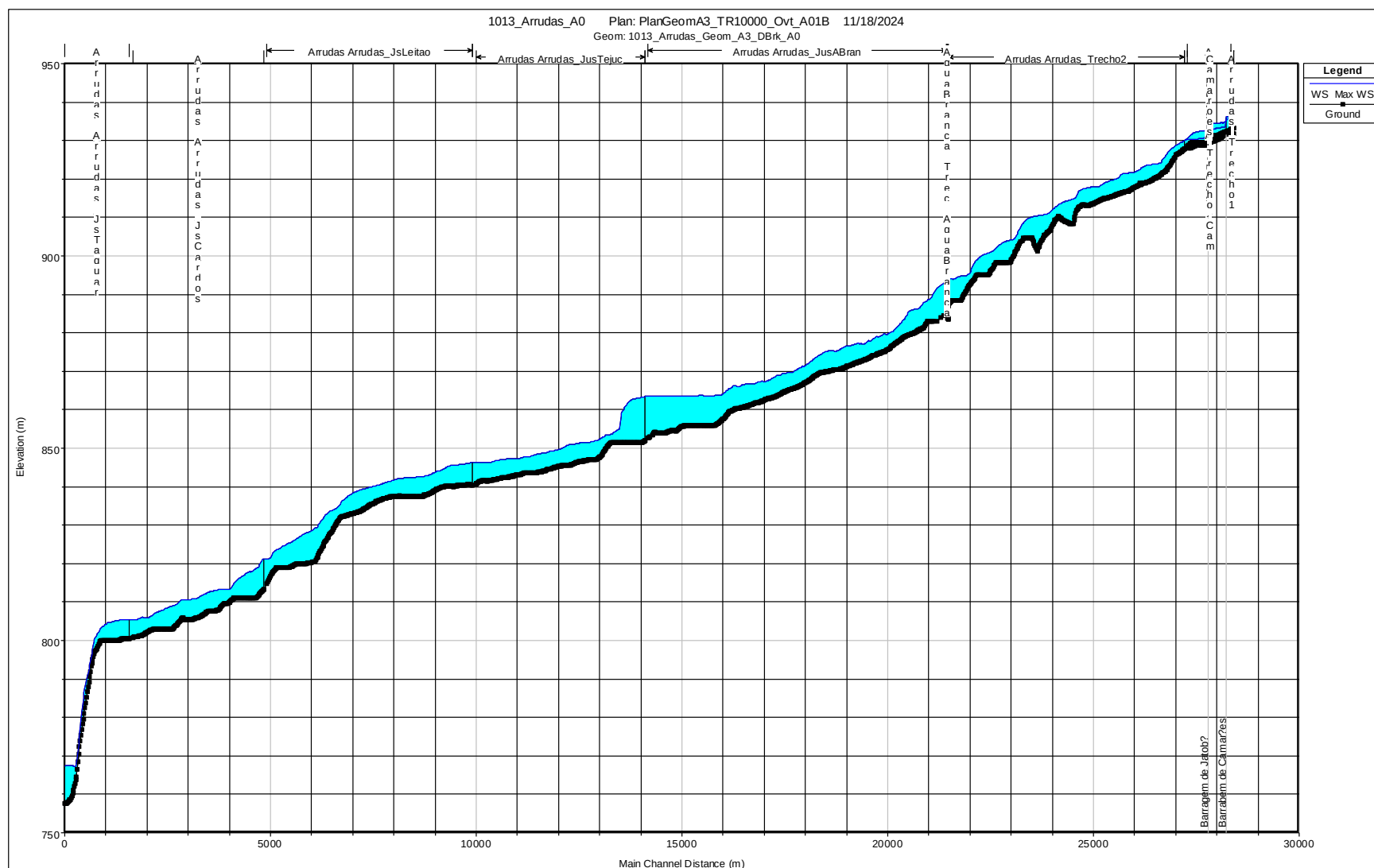


Figura 8.7-1 – Onda de Ruptura por Galgamento das Barragens Olaria, Jatobá e Túnel Camarões - Perfil da Linha d'Água Máxima.

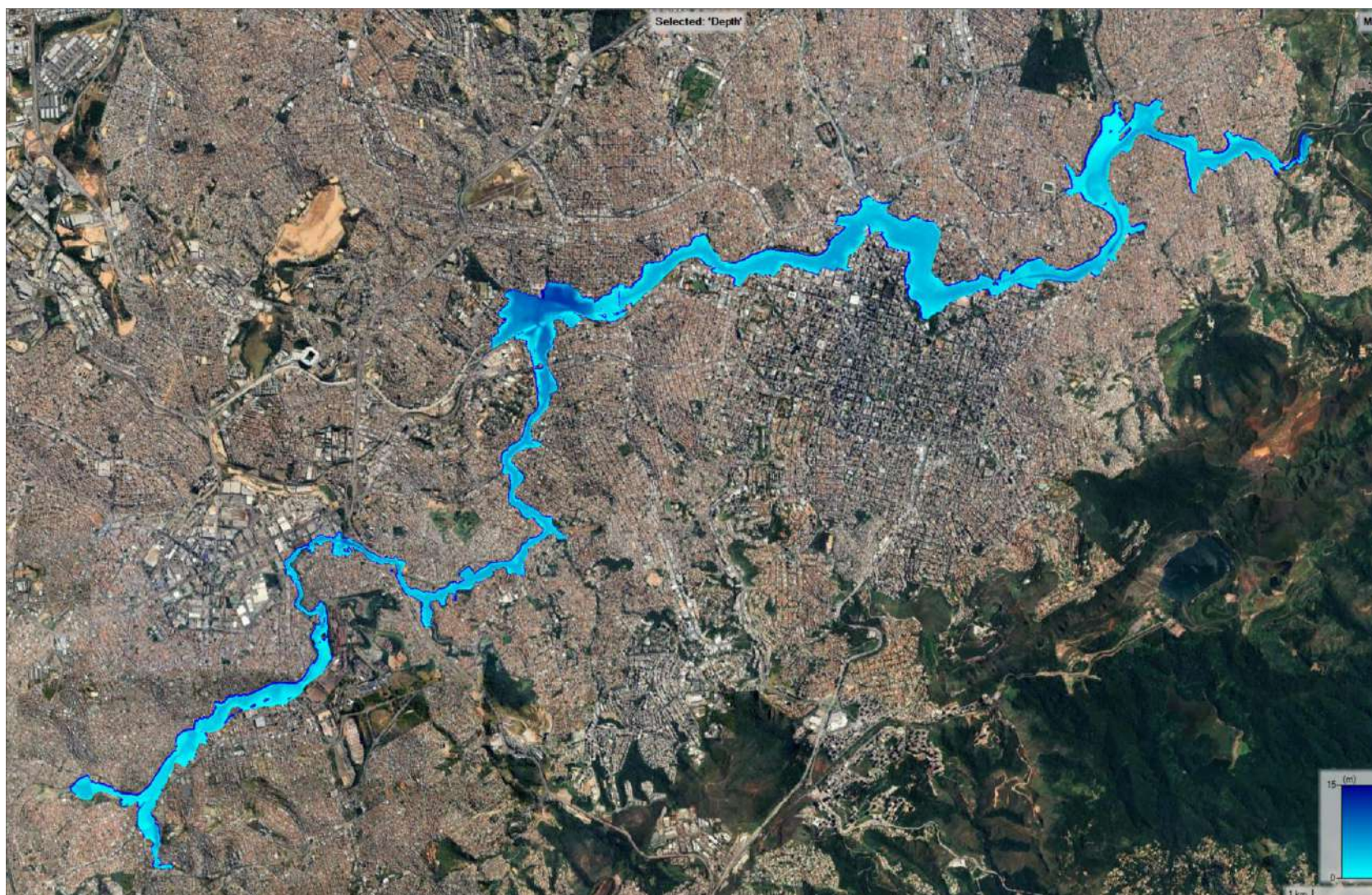


Figura 8.7-2 – Onda da cheia com TR = 10.000 anos, sem ruptura – Planta da Mancha de Inundação Máxima.

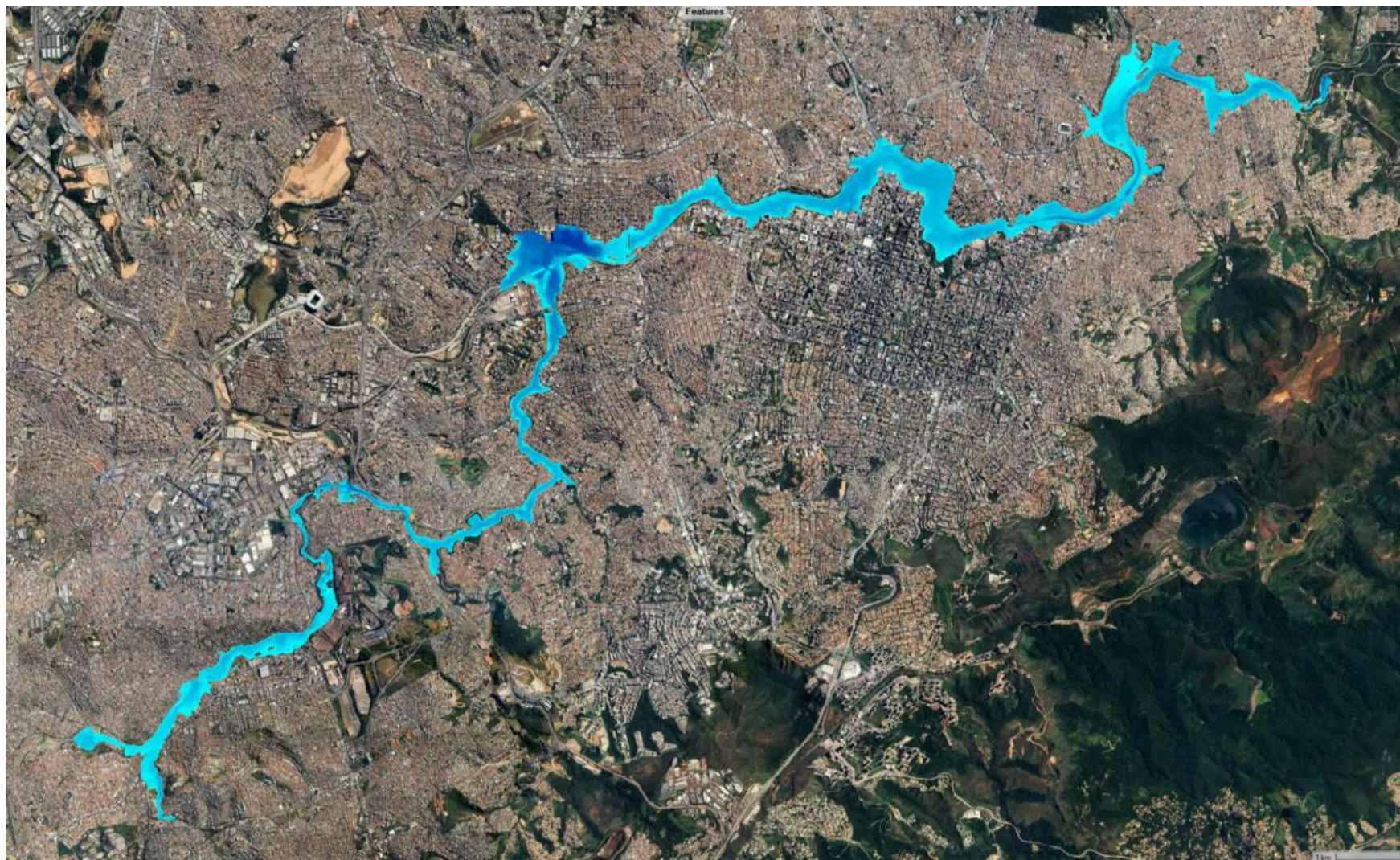


Figura 8.7-3 – Onda de Ruptura por Galgamento das Barragens Olaria, Jatobá e Túnel Camarões – Planta da Mancha de Inundação Máxima.

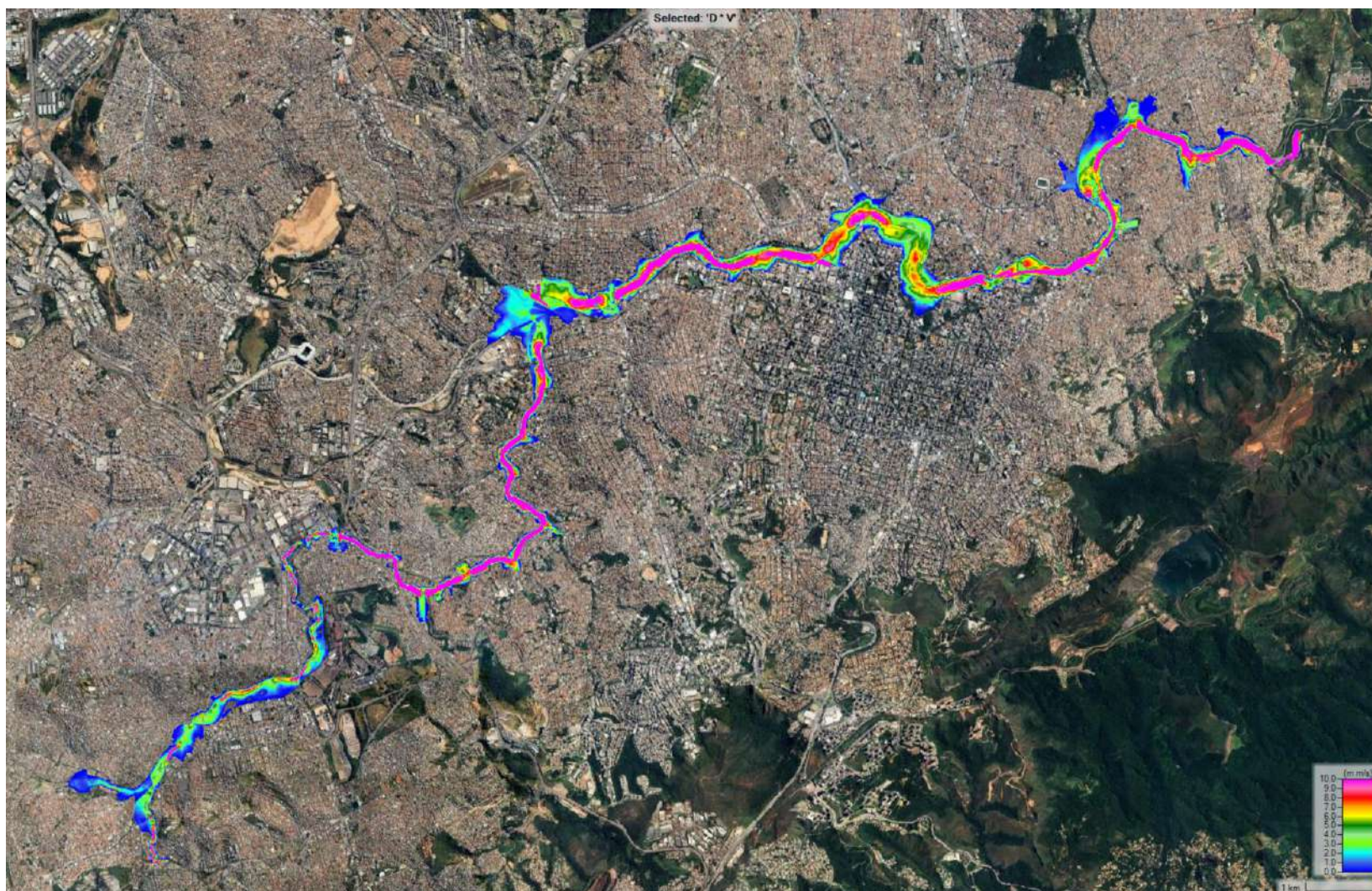


Figura 8.7-4 – Onda de Ruptura por Galgamento das Barragens Olaria, Jatobá e Túnel Camarões – Planta de Riscos Hidrodinâmicos Máximos.

Apresenta-se, a seguir, na Tabelas 8.7-1, o tempo de chegada da onda de ruptura, o tempo de ocorrência de NAmáximo, o NAmáximo atingido e o NAmáximo nos pontos notáveis dos cursos d'água situados a jusante da barragem. Os pontos notáveis estão situados a jusante das barragens, ao longo dos cursos d'água, até o ponto final da simulação, no Município de Sabará.

Tabela 8.7-1 – Tempo de Chegada da Onda de Ruptura, Tempo do NA Máximo Atingido, Final da onda e NAs Máximos nos Pontos Notáveis dos Cursos d'Água a Jusante da Barragem

Local	Dist. à Foz (km)	Dist à Barragem (km)	Tempo de Chegada (min)	Tempo NA máx (min)	Final da Onda (min)	NAmáx (m)
Alameda dos Anjos	27.647	0.152	0:34	0:51	2:24	933.35
Rua Fátima Taylor	27.430	0.368	0:36	0:52	2:27	932.36
Rua Um	27.039	0.759	0:39	0:54	2:35	930.32
Foz no Ribeirão Arrudas	26.847	0.933	0:44	0:57	2:41	930.30
Av. Olinto Meireles	24.334	3.465	0:48	1:37	4:18	917.19
Av. General David Sarnoff	22.114	5.686	0:57	1:49	4:40	900.89
Av. Palestina/Córrego Água Branca	21.104	6.675	1:10	2:03	5:05	894.03
Rod. Pres. Juscelino Kubitscheck	20.451	7.344	1:24	2:12	5:15	886.47
Av. Dom João VI	18.257	9.541	0:42	2:12	5:40	875.48
Av. Amazonas	14.868	12.931	1:03	2:20	6:00	863.49
Córrego Tejuco	13.853	13.926	1:22	2:33	6:20	863.45
Viaduto Dep. Ulisses Guimarães	12.888	14.908	1:25	3:10	6:40	853.39
Av. do Contorno	10.771	17.028	1:18	3:08	7:30	847.33
Av. Bias Fortes	9.871	17.928	1:20	3:18	8:50	846.24
Viaduto Leste	8.787	19.012	1:25	3:25	9:00	843.49
Av. do Contorno	8.138	19.657	1:30	3:26	9:20	842.30
Viaduto Francisco Sales	6.867	20.931	1:30	3:33	9:30	838.46
Av. do Contorno	6.368	21.430	1:30	3:45	9:40	834.05
Av. Mem de Sá/Córrego Cardoso	4.754	23.025	1:30	3:46	9:50	821.23
Av. Silviano Brandão	3.687	24.112	1:30	3:52	10:00	813.20
Av. Itaituba	2.763	25.033	1:35	3:52	10:20	810.55
Av. Jequitinhonha/Córrego Taquaril	1.575	26.204	1:40	4:00	10:50	805.47
Rua Itamar/Av. Andradas - Ponte	0.882	26.915	1:40	4:04	11:20	803.18
Final do trecho simulado	0.000	27.779	1:50	4:05	11:30	767.36

A Tabela 8.7-2 apresenta as velocidades máximas, vazões máximas, profundidades máximas e riscos hidrodinâmicos nos pontos notáveis dos cursos d'água a jusante da barragem. O risco hidrodinâmico é determinado pelo produto da velocidade x profundidade da lâmina d'água e expressa o dano potencial de uma inundação (o efeito de uma inundação, por exemplo, de 1 m de lâmina de água com água parada é completamente diferente dessa mesma inundação, mas com velocidade de 3 m/s pois, com essa velocidade pode derrubar uma edificação e arrastar as pessoas atingidas pelo escoamento).

Tabela 8.7-2 – Velocidades Máximas, Vazões Máximas, Profundidades e Riscos Hidrodinâmicos nos Pontos Notáveis dos Cursos d'Água a Jusante da Barragem.

Local	Dist. à Foz (km)	V _{máx} (m/s)	Q _{máx} (m³/s)	P _{máx} (m)	Risco Hidrodinâmico (m²/s)
Alameda dos Anjos	27.647	1.43	132.29	1.67	2.39
Rua Fátima Taylor	27.430	3.08	131.44	1.12	3.45
Rua Um	27.039	1.87	127.27	1.50	2.81
Foz no Ribeirão Arrudas	26.847	0.31	117.10	2.23	0.69
Av. Olinto Meireles	24.334	1.90	497.69	4.06	7.71
Av. General David Sarnoff	22.114	2.17	490.67	5.26	11.41
Av. Palestina/Córrego Água Branca	21.104	2.69	487.47	7.13	19.18
Rod. Pres. Juscelino Kubitscheck	20.451	6.74	1297.90	5.62	37.88
Av. Dom João VI	18.257	1.49	1289.26	5.42	8.08
Av. Amazonas	14.868	3.30	1212.82	7.47	24.65
Córrego Tejuco	13.853	0.52	1098.37	10.77	5.60
Viaduto Dep. Ulisses Guimarães	12.888	3.30	1586.81	3.59	11.85
Av. do Contorno	10.771	3.09	1578.71	4.17	12.89
Av. Bias Fortes	9.871	2.23	1575.34	4.78	10.66
Viaduto Leste	8.787	2.34	1668.07	4.73	11.07
Av. do Contorno	8.138	0.88	1656.63	4.88	4.29
Viaduto Francisco Sales	6.867	2.57	1648.73	5.39	13.85
Av. do Contorno	6.368	2.04	1648.42	5.01	10.22
Av. Mem de Sá/Córrego Cardoso	4.754	2.17	1647.02	6.53	14.17
Av. Silviano Brandão	3.687	1.72	1708.45	4.79	8.24
Av. Itaituba	2.763	1.47	1699.83	4.90	7.20
Av. Jequitinhonha/Córrego Taquaril	1.575	2.00	1698.54	4.74	9.48
Rua Itamar/Av. Andradas - Ponte	0.882	6.02	1727.80	3.07	18.48
Sabará/Final do trecho simulado	0.000	3.26	1727.61	9.77	31.85

Obs.: P_{máx} e Risco Hidrodinâmico referem se ao talvegue do rio. Para maiores detalhes, consultar os mapas dos riscos hidrodinâmicos.

Na Tabela 8.7-3, apresentada abaixo, são descritas as consequências da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem, indicando que o dano causado pela onda de ruptura hipotética

da barragem é bastante alto, com potencial para arrastar adultos e causar danos às edificações existentes.

Tabela 8.7-3 - Consequências de Risco Hidrodinâmico (Synaven et al, 2000) (*)

Risco Hidrodinâmico (Parâmetro H x V)	Consequência
< 0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 – 1,0	Adultos são arrastados
1 – 3	Danos de submersão em edifícios e casas fracas
3 – 7	Danos estruturais em edifícios e possíveis colapsos
> 7	Colapso de certos edifícios

(*) Conforme Synaven, K., The pilot Project Kyrkojarvi dam and reservoir, Seinjanoki, Finland, In: International Seminal and Workshop Risk, Assessment, Dam-break Flood Analysis and Emergency Action Planning. Seinjanoki, Finnish Environment Institute, 2000.

9 ZONAS DE IMPACTO DIRETO E DE AUTOSSALVAMENTO

9.1 ZONA DE IMPACTO DIRETO (ZID)

A Zona de Impacto Direto (ZID) é a área delimitada geograficamente, que traduz a envoltória das manchas máximas de inundação simuladas para diferentes cenários de ruptura da barragem. A Zona de Impacto Direto (ZID), denominada de Zona de Autossalvamento – ZAS e Zona de Segurança Secundária - ZSS, situa-se a jusante da barragem e informa que a área delimitada poderá ser atingida pela mancha de inundação caso haja uma ruptura das estruturas da barragem. A mancha de inundação da onda de ruptura da barragem abrange o talvegue do curso d'água, as áreas usualmente afetadas pelas cheias naturais do curso d'água e as áreas lindeiras, principalmente aquelas situadas em cotas baixas, ao longo do curso d'água a jusante da barragem.

Na Zona de Impacto Direto (ZID) ou de inundação da onda de ruptura da barragem é necessário existir um planejamento para a realização de uma evacuação emergencial da área, como vista à preservação da vida humana nesta área. Esse planejamento deve ser feito por meio de um Plano de Contingência Municipal, que é de responsabilidade das Defesas Civas Municipais e Estaduais.

No caso das barragens do Córrego Arrudas, por ser uma bacia de reduzidas dimensões, a zona de impacto direto corresponde à zona de autossalvamento. Não há zona de segurança secundária.

A zona de impacto direto ou da mancha de inundação da onda de ruptura da barragem, definida nos estudos de rompimento hipotético da barragem é apresentada no Anexo II deste documento.

9.2 ZONA DE AUTOSSALVAMENTO (ZAS)

A Zona de Autossalvamento (ZAS) é a região a jusante da barragem em que se considera que não haverá tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de ruptura da barragem, devido à rapidez da propagação da onda de ruptura e, por conseguinte, o tempo muito exíguo entre o instante da ruptura da barragem e a chegada da onda a um determinado local, situado a jusante da barragem.

Conforme a Agência Nacional de Águas – ANA sugere-se adotar a menor das seguintes distâncias, ou seja, 10 km ou a distância a partir do local de barramento ou a distância a jusante da barragem que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual à 30 (trinta) minutos.

Na área abrangida pela Zona de Autossalvamento (ZAS) a responsabilidade do empreendedor limita-se a alertar e avisar a população da área potencialmente afetada, caso ocorra uma situação de emergencial de ruptura da barragem. Para esta situação sugere-se a instalação de sirenes na ZAS para alertar a população potencialmente sujeita à ação da onda de ruptura da barragem.

Os procedimentos de comunicação devem estabelecer infraestruturas e ações para garantir o adequado fluxo de informação para a população presente na ZAS e deverá obedecer, minimamente, aos seguintes critérios:

- Os equipamentos a serem utilizados devem estar funcionando permanentemente inclusive nas situações adversas;
- Deve ser facilmente acionado pelo coordenador do PAE;
- Há de ser capaz de alcançar toda a população potencialmente afetada na ZAS;
- O sistema de comunicação do PAE não deverá ser confundido com outros sistemas de alerta existentes na região;
- Garantir a inexistência de falsos alarmes;
- Sempre que possível, usar tecnologia de comunicação já conhecida e utilizada pelas comunidades locais.

No Anexo II deste documento são apresentados, também, os desenhos que ilustram a mancha de inundação, a zona de autossalvamento, os locais de refúgio sugeridos e as rotas de refúgio, levando em conta as áreas e equipamentos urbanos existentes da área.

9.3 IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE REFÚGIO E ROTAS DE FUGA

Os principais locais de refúgio e rotas de fuga relacionados ao Plano de Emergência são apresentados no Anexo II deste documento, cujos desenhos contém áreas localizadas na zona de impacto direto, as rotas de fuga e os locais de refúgio. Nos Quadros 9.3-1 e 9.3-2, apresentados a seguir, são listados os locais de refúgio situados na zona de impacto direto nos municípios de Belo Horizonte e Contagem.

Quadro 9.3-1 – Locais de Refúgio – Município de Belo Horizonte

Item	Rota de Fuga	Local de Refúgio	Distância (km)
1	RF - 001	LR - 01 - Escola Sebastião Guilherme	0,52
2	RF - 002	LR - 01 - Escola Sebastião Guilherme	0,64
3	RF - 003	LR - 02 - Escola Alfredo Vilhena Valldão	0,51
4	RF - 004	LR - 02 - Escola Alfredo Vilhena Valldão	0,65
5	RF - 005	LR - 03	0,56
6	RF - 006	LR - 03	0,66
7	RF - 007	LR - 03	0,62
8	RF - 008	LR - 03	0,60
9	RF - 009	LR - 04 - Colégio Emaiús	0,41
10	RF - 010	LR - 04 - Colégio Emaiús	0,33
11	RF - 011	LR - 04 - Colégio Emaiús	0,97
12	RF - 012	LR - 04 - Colégio Emaiús	1,34

Item	Rota de Fuga	Local de Refúgio	Distância (km)
13	RF - 018	LR - 06 - Parque Ecológico Padre Alfredo Sabetta	1,17
14	RF - 019	LR - 06 - Parque Ecológico Padre Alfredo Sabetta	1,12
15	RF - 020	LR - 06 - Parque Ecológico Padre Alfredo Sabetta	1,14
16	RF - 023	LR - 08 - Praça Domingos Gatti	1,07
17	RF - 026	LR - 10 - Vallourec portaria V	2,31
18	RF - 029	LR - 12 - Escola Diogo de Vasconcelos	0,64
19	RF - 030	LR - 12 - Escola Diogo de Vasconcelos	0,65
20	RF - 031	LR - 12 - Escola Diogo de Vasconcelos	0,58
21	RF - 032	LR - 12 - Escola Diogo de Vasconcelos	0,76
22	RF - 033	LR - 12 - Escola Diogo de Vasconcelos	1,17
23	RF - 035	LR - 14 - Escola Padre João Botelho	0,94
24	RF - 036	LR - 14 - Escola Padre João Botelho	0,56
25	RF - 039	LR - 16 - Praça da Amizade	0,58
26	RF - 040	LR - 16 - Praça da Amizade	0,65
27	RF - 041	LR - 16 - Praça da Amizade	1,10
28	RF - 042	LR - 17 - Escola Aarão Reis	0,56
29	RF - 043	LR - 17 - Escola Aarão Reis	0,63
30	RF - 044	LR - 17 - Escola Aarão Reis	0,77
31	RF - 045	LR - 18 - Praça Itueta	0,55
32	RF - 046	LR - 18 - Praça Itueta	0,60
33	RF - 047	LR - 18 - Praça Itueta	0,60
34	RF - 048	LR - 18 - Praça Itueta	0,70
35	RF - 049	LR - 18 - Praça Itueta	1,04
36	RF - 050	LR - 19 - Escola Francisca de Paula	1,10
37	RF - 051	LR - 19 - Escola Francisca de Paula	0,61
38	RF - 052	LR - 19 - Escola Francisca de Paula	0,46
39	RF - 053	LR - 19 - Escola Francisca de Paula	0,58
40	RF - 054	LR - 20 - Escola Maria d o Socorro	0,78
41	RF - 055	LR - 20 - Escola Maria d o Socorro	0,48
42	RF - 056	LR - 20 - Escola Maria d o Socorro	0,77
43	RF - 057	LR - 20 - Escola Maria d o Socorro	0,71
44	RF - 058	LR - 20 - Escola Maria d o Socorro	0,61
45	RF - 059	LR - 20 - Escola Maria d o Socorro	0,75
46	RF - 060	LR - 21 - Escola Salgado Filho	0,46
47	RF - 061	LR - 21 - Escola Salgado Filho	0,42
48	RF - 062	LR - 21 - Escola Salgado Filho	0,71
49	RF - 063	LR - 22 - Escola Cândido Portinari	0,75
50	RF - 064	LR - 22 - Escola Cândido Portinari	0,70
51	RF - 065	LR - 22 - Escola Cândido Portinari	0,53
52	RF - 066	LR - 22 - Escola Cândido Portinari	0,63
53	RF - 067	LR - 22 - Escola Cândido Portinari	0,91
54	RF - 068	LR - 23 - Escola João do Patrocínio	0,81

Item	Rota de Fuga	Local de Refúgio	Distância (km)
55	RF - 069	LR - 23 - Escola João do Patrocínio	0,71
56	RF - 070	LR - 23 - Escola João do Patrocínio	1,28
57	RF - 071	LR - 24 - Escola Santa Maria Minas	0,82
58	RF - 072	LR - 24 - Escola Santa Maria Minas	0,68
59	RF - 073	LR - 25 - Hospital Sarah Kubitschek	2,11
60	RF - 074	LR - 25 - Hospital Sarah Kubitschek	1,03
61	RF - 075	LR - 25 - Hospital Sarah Kubitschek	1,22
62	RF - 076	LR - 25 - Hospital Sarah Kubitschek	0,96
63	RF - 077	LR - 26 - CEFET-MG - Campus I	0,79
64	RF - 078	LR - 26 - CEFET-MG - Campus I	0,60
65	RF - 079	LR - 27 - PUC Minas Gerais	0,72
66	RF - 080	LR - 27 - PUC Minas Gerais	0,52
67	RF - 081	LR - 27 - PUC Minas Gerais	0,72
68	RF - 082	LR - 27 - PUC Minas Gerais	0,75
69	RF - 083	LR - 28 - Praça Geraldo Torres	0,95
70	RF - 084	LR - 28 - Praça Geraldo Torres	0,77
71	RF - 085	LR - 28 - Praça Geraldo Torres	0,55
72	RF - 086	LR - 28 - Praça Geraldo Torres	0,70
73	RF - 087	LR - 28 - Praça Geraldo Torres	0,79
74	RF - 088	LR - 28 - Praça Geraldo Torres	1,17
75	RF - 089	LR - 29 - Escola Bernardo Monteiro	1,78
76	RF - 090	LR - 29 - Escola Bernardo Monteiro	0,49
77	RF - 091	LR - 29 - Escola Bernardo Monteiro	0,88
78	RF - 092	LR - 29 - Escola Bernardo Monteiro	1,32
79	RF - 093	LR - 29 - Escola Bernardo Monteiro	1,63
80	RF - 094	LR - 30 - Praça São Francisco das Chagas	1,10
81	RF - 095	LR - 30 - Praça São Francisco das Chagas	0,67
82	RF - 096	LR - 30 - Praça São Francisco das Chagas	0,81
83	RF - 097	LR - 30 - Praça São Francisco das Chagas	1,07
84	RF - 098	LR - 30 - Praça São Francisco das Chagas	1,44
85	RF - 099	LR - 31 - 12º Batalhão de Infantaria	0,54
86	RF - 100	LR - 31 - 12º Batalhão de Infantaria	0,92
87	RF - 101	LR - 31 - 12º Batalhão de Infantaria	1,67
88	RF - 102	LR - 31 - 12º Batalhão de Infantaria	1,96
89	RF - 103	LR - 31 - 12º Batalhão de Infantaria	2,51
90	RF - 104	LR - 32 - Cemitério do Bonfim	1,09
91	RF - 105	LR - 32 - Cemitério do Bonfim	1,08
92	RF - 106	LR - 32 - Cemitério do Bonfim	1,16
93	RF - 107	LR - 33 - Praça da Liberdade	1,34
94	RF - 108	LR - 33 - Praça da Liberdade	1,26
95	RF - 109	LR - 34 - Colégio Batista Mineiro	0,63
96	RF - 110	LR - 34 - Colégio Batista Mineiro	0,62



Item	Rota de Fuga	Local de Refúgio	Distância (km)
97	RF - 111	LR - 34 - Colégio Batista Mineiro	0,81
98	RF - 112	LR - 34 - Colégio Batista Mineiro	1,17
99	RF - 113	LR - 35 - Praça Dr. Lucas Machado	0,86
100	RF - 114	LR - 35 - Praça Dr. Lucas Machado	0,63
101	RF - 115	LR - 35 - Praça Dr. Lucas Machado	0,65
102	RF - 116	LR - 35 - Praça Dr. Lucas Machado	0,81
103	RF - 117	LR - 36 - SESC Floresta	1,51
104	RF - 118	LR - 36 - SESC Floresta	1,48
105	RF - 119	LR - 37 - Escola Santos Dumont	0,85
106	RF - 120	LR - 37 - Escola Santos Dumont	0,51
107	RF - 121	LR - 37 - Escola Santos Dumont	0,59
108	RF - 122	LR - 38 - Colégio Tiradentes	1,06
109	RF - 123	LR - 38 - Colégio Tiradentes	0,77
110	RF - 124	LR - 38 - Colégio Tiradentes	0,92
111	RF - 125	LR - 38 - Colégio Tiradentes	1,00
112	RF - 126	LR - 38 - Colégio Tiradentes	1,32
113	RF - 127	LR - 39 - Rua Juramento	0,52
114	RF - 128	LR - 39 - Rua Juramento	0,58
115	RF - 129	LR - 40 - Praça Santa Rita	0,92
116	RF - 130	LR - 40 - Praça Santa Rita	0,42
117	RF - 131	LR - 40 - Praça Santa Rita	0,53
118	RF - 132	LR - 41 - Praça Abadia	0,43
119	RF - 133	LR - 41 - Praça Abadia	0,43
120	RF - 134	LR - 41 - Praça Abadia	0,56
121	RF - 135	LR - 41 - Praça Abadia	0,42
122	RF - 136	LR - 42 - Escola Prof. Domiciano Vieira	0,62
123	RF - 137	LR - 42 - Escola Prof. Domiciano Vieira	1,19
124	RF - 138	LR - 43 - SENAI Horto	1,23
125	RF - 139	LR - 43 - SENAI Horto	1,10
126	RF - 140	LR - 44 - Escola Assis Chateaubriand	1,29
127	RF - 141	LR - 45 - Praça Santuário São Geraldo	0,68
128	RF - 142	LR - 45 - Praça Santuário São Geraldo	0,84
129	RF - 143	LR - 45 - Praça Santuário São Geraldo	0,73
130	RF - 144	LR - 45 - Praça Santuário São Geraldo	0,79
131	RF - 145	LR - 46 - Escola Cel. Vicente Torres Jr.	0,60
132	RF - 146	LR - 46 - Escola Cel. Vicente Torres Jr.	0,72
133	RF - 147	LR - 47 - Escola Caetano Furquim	0,55
134	RF - 148	LR - 48 - Escola Necésio Tavares	0,44
135	RF - 149	LR - 48 - Escola Necésio Tavares	0,45
136	RF - 150	LR - 48 - Escola Necésio Tavares	0,68
137	RF - 151	LR - 49 - Escola Dr. Júlio Soares	0,61

Quadro 9.3-2 – Locais de Refúgio – Município de Contagem

Item	Rota de Fuga	Local de Refúgio	Distância (km)
1	RF - 013	LR - 05 - Praça São José Operário	1,03
2	RF - 014	LR - 05 - Praça São José Operário	0,88
3	RF - 015	LR - 05 - Praça São José Operário	0,73
4	RF - 016	LR - 05 - Praça São José Operário	0,86
5	RF - 017	LR - 05 - Praça São José Operário	1,20
6	RF - 021	LR - 07 - Praça Adelaide de Castro	0,52
7	RF - 022	LR - 07 - Praça Adelaide de Castro	0,79
8	RF - 024	LR - 09 - Escola Pedro de Alcântara	0,73
9	RF - 025	LR - 09 - Escola Pedro de Alcântara	0,88
10	RF - 027	LR - 11 - Hospital São José	0,62
11	RF - 028	LR - 11 - Hospital São José	0,71
12	RF - 034	LR - 13 - Praça Antônio Mourão Guimarães	1,44
13	RF - 037	LR - 15 - Estação Cidade Industrial	1,19
14	RF - 038	LR - 15 - Estação Cidade Industrial	1,54

10 MUNICÍPIOS E BAIRROS POTENCIALMENTE VULNERÁVEIS

As barragens Camarões, Olaria e Jatobá localizam-se nos formadores do ribeirão Arrudas, principal curso d'água da área urbanizada do município de Belo Horizonte. As áreas de inundação das três barragens, acima referidas, afetam não só o município de Belo Horizonte, mas também, embora numa porção muito pequena, o município vizinho localizado na região sudoeste de Belo Horizonte, ou seja, o município de Contagem.

Cabe destacar que as três barragens se localizam muito próximas umas às outras, sendo que a grande parte das áreas de inundação das três barragens são comuns a partir da junção dos cursos d'água, da barragem Camarões e das barragens Olaria e Jatobá. As áreas de inundação das três barragens formam, de modo simplificado, um Y (ípsilon) no ponto de junção dos cursos d'água onde se situam as barragens.

A área de inundação que é causada pela barragem Camarões, caso ocorra o rompimento da mesma, encontra a área de inundação das outras duas barragens, Olaria e Jatobá, a menos de 1 km da sua barragem. A barragem Olaria localiza-se a menos de 1 km a montante da barragem Jatobá. E esta dista cerca de 0,5 km do ponto de encontro da área de inundação da barragem Olaria.

Assim sendo, a descrição das áreas de inundação das três barragens se fará primeiramente a partir da barragem Camarões, até o ponto de encontro das áreas de inundação de outras duas barragens. As das outras duas barragens se farão a partir da barragem Olaria, passando pela de Jatobá, até o encontro do trecho de inundação da barragem Camarões. A partir desse trecho, os bairros afetados serão os mesmos para as três barragens, até alcançar a Vila da Ária, onde é estimado o término da área de inundação da onda de ruptura das três barragens.

Ressalta-se que a área correspondente à Zona de Auto Salvamento – ZAS é a área imediatamente a jusante de cada barragem, em que não há tempo suficiente para uma adequada intervenção dos serviços e agentes de proteção civil em casos de rompimento de qualquer uma das três barragens. A extensão da ZAS foi definida pela maior das seguintes distâncias: 10 km ou a extensão que corresponda ao tempo de chegada da onda de inundação igual a 30 minutos. Já a Zona de Segurança Secundária consiste na região impactada pela ruptura da barragem, logo a seguir da ZAS.

Caso ocorra o rompimento da barragem Camarões, parte do bairro denominado Lindéia e parte do município Contagem serão afetados a margem esquerda e o bairro Tirol na margem direita. Caso ocorra rompimento da barragem Olaria, os bairros afetados são Marieta 1ª Seção, e Olaria a margem direita. Logo alcança a barragem Jatobá no mesmo bairro. As 2 machas de inundação encontram-se no bairro João Paulo II.

O bairro logo a seguir a ser afetado é Átila de Paiva, Barreiro a margem direita e Zona Industrial a esquerda até encontrar av. Odonto Menezes. A partir daí, os bairros afetados são o Jardim Industrial e Vila São Paulo a margem direita e parte do município de Contagem. Em sequência os bairros Das Indústrias II e Vista Alegre a margem esquerda e Indústrias I (Barreiro), Betânia e Cinquentenário a margem direita. Em sequência os bairros Nova Cintra a margem esquerda e Salgado Filho e Nova Suíça a direita, até encontrar Av. Amazonas.

A partir dessa via, os bairros afetados serão Coração Eucarístico, Padre Eustáquio e Carlos Prates a margem esquerda e Calfate, Prado e Barro Preto a margem direita.

A partir do complexo viário Viaduto Leste e Av. do Contorno, os bairros afetados são Colégio Batista, Sagrada Família, Floresta, Santa Tereza, Camponesa III, São Geraldo, Caetano Furquim e Casa Branca a margem esquerda; Santa Efigênia, Paraíso, Pompéia, Espanada, Vera Cruz e Granja de Freiras a margem direita.

Convém destacar que os bairros não apresentam limites legais e fixos. Portanto as áreas de inundação afetarão parte dos bairros mencionados, nas porções próximas às calhas de cursos d'água, em especial as áreas mais baixas e passíveis de alagamento, variando de faixas mais estreitas até mais largas. Diferentemente de outras regiões planas, as áreas de inundação no presente caso, embora extensas, são estreitas, em comparação com as demais áreas de inundação conhecidas.

11 OCUPAÇÃO PERMANENTE EXISTENTE A JUSANTE DA BARRAGEM

A análise da ocupação permanente (OP) do trecho situado a jusante da barragem foi realizada com base em imagem de satélite recente, de alta resolução, atualmente disponível na internet (Imagem do Google Earth), de (de 13/04/2024), que permitiu realizar a avaliação das áreas potencialmente vulneráveis (APV) caso ocorra uma ruptura hipotética da barragem e, consequentemente a propagação da onda de ruptura (mancha de inundação) ao longo do curso d'água

Todas as ocupações localizadas junto às faixas lindeiras dos cursos d'água, seja fazendas, residenciais, comércio ou serviços, ou até complexos industriais, serão parciais ou totalmente atingidas, em especial as áreas de baixada, caso ocorra uma ruptura hipotética da barragem.

A descrição sobre as características de ocupação permanente, a seguir, parte da sequência apresentada no item anterior, de barragem Camarões, para em seguida a da barragem Olaria e Jatobá até o ponto de encontro das áreas de inundação das 3 barragens, para seguir um curso único até o final no bairro Caetano Furquim e Granja de Freitas.

Caso ocorra um rompimento barragem Camarões, as áreas a jusante, a partir do pé da barragem será inundada, constituído pelo Parque Ecológico Camarões. É uma área arborizada, de lazer e de esportes com 2 quadras esportivas. No entanto, as águas passam pelo córrego ladeado pela Avenida Sanitária, transbordando e atingindo as edificações das duas margens, incluindo parte das edificações localizadas a Rua Boa da Paz. Essas edificações são de uso misto, constituídas de residências, igreja, pizzeria, doceria, incluindo galpões sugerindo constituir de pequenas indústrias. Os padrões do lote e de construção são diversos, característicos do que se localizam junto a córregos ou próximos a estes.

Depois de alcançar a rua Fabiano Tailor, as águas penetram numa quadra, cujo córrego se apresenta parte aberto, a céu aberto, e parte canalizado. Na parte inicial, as áreas atingidas são abertas, servindo parte como estacionamento de caminhões a margem esquerda e parte recreativa do condomínio Parque Imperial, a margem direita. Logo a seguir, o córrego é canalizado, mas as águas de inundação são abundantes o suficiente para afetar as edificações laterais, de padrão melhor, com presença de consultório e restaurante, alcançando posteriormente o ponto de encontro das águas que chegam das barragens Olaria R1 e do córrego Jatobá.

Caso a barragem Olaria R1 se rompa, suas águas percorrem e transbordam pelo córrego a céu aberto até a barragem Jatobá e até o trecho de encontro das águas da barragem Camarões. Inicialmente atingem as edificações da margem direita, mas próximo do ponto de encontro das águas da outra barragem, a região é de baixada, atingindo várias quadras residenciais, incluindo Centro de Saúde Francisco Gomes e Apoio Mineiro Tirol.

Cerca de 2,70 km a partir desse trecho até chegar próximo às instalações do Valourec Soluções Tubulares do Brasil, as águas de inundação afetam várias quadras com edificações de uso misto, localizadas próximas ao córrego, dos bairros João Paulo II e Átila de Paiva. Quando as águas de inundação chegam nas proximidades do complexo industrial Valourex, parte de suas instalações como o Centro Esportivo Fundação Sidertube, são afetadas pela inundação.

As águas de inundação seguem o curso natural que é ao mesmo tempo o limite de Belo Horizonte e Contagem, atingindo algumas edificações muito próximas ao curso d'água, mas sem afetar nenhuma edificação do município vizinho.

As águas de inundação seguem o curso natural através da Av. Teresa Cristina, afetando diversos bairros. Quando esta avenida cruza a av. Amazonas, a área de inundação se alarga e atinge além de residências e parte do bairro Gameleira, Nova Suíça, Coração Eucarístico, as instalações do Batalhão de Polícia Militar Rodoviária e antiga Estação Ferroviária da Gameleira.

O rio Arruda é acompanhado pela Av. Presidente Juscelino Kubistchek e av. Nossa Senhora de Fátima, sendo afetadas não só as vias, mas as edificações junto a estas avenidas. Os bairros são: São Francisco das Chagas, Carlos Prates Bairro Preto, Piratininga, onde o Terminal Rodoviário de Belo Horizonte e Shopping Oiapoque são atingidos. Logo a seguir, a praça da Estação, bem como a parte do Parque Municipal Américo Renné, juntamente com a avenida dos Andradas. As edificações do bairro Floresta, Buraco Quente e São Vicente são afetadas.

A área de inundação segue pelo curso d'água juntamente com av. dos Andradas, afetando ainda edificações junto a avenida dos bairros Santa Tereza, Cônego Pinheiro 1ª Seção, Vila São Rafael. Vila Nossa Senhora do Rosário. Nesse trecho esse bairro faz frente a João Alfredo que é uma baixada. Neste trecho, a inundação atinge parte do Complexo Penitenciário Estevão Pinto, Escola Estadual Estevão Pinto, Centro Socioeducativo Horto, Campo Ferroviário do Horto, Estação Ferroviária Horto Florestal, Oficina Manutenção Pesada Locomotivas e outras instalações de importância da ferrovia. Atinge linearmente edificações junto a avenida dos Andradas na Vila Nossa Senhora do Rosário, Esplanada, Camponesa III.

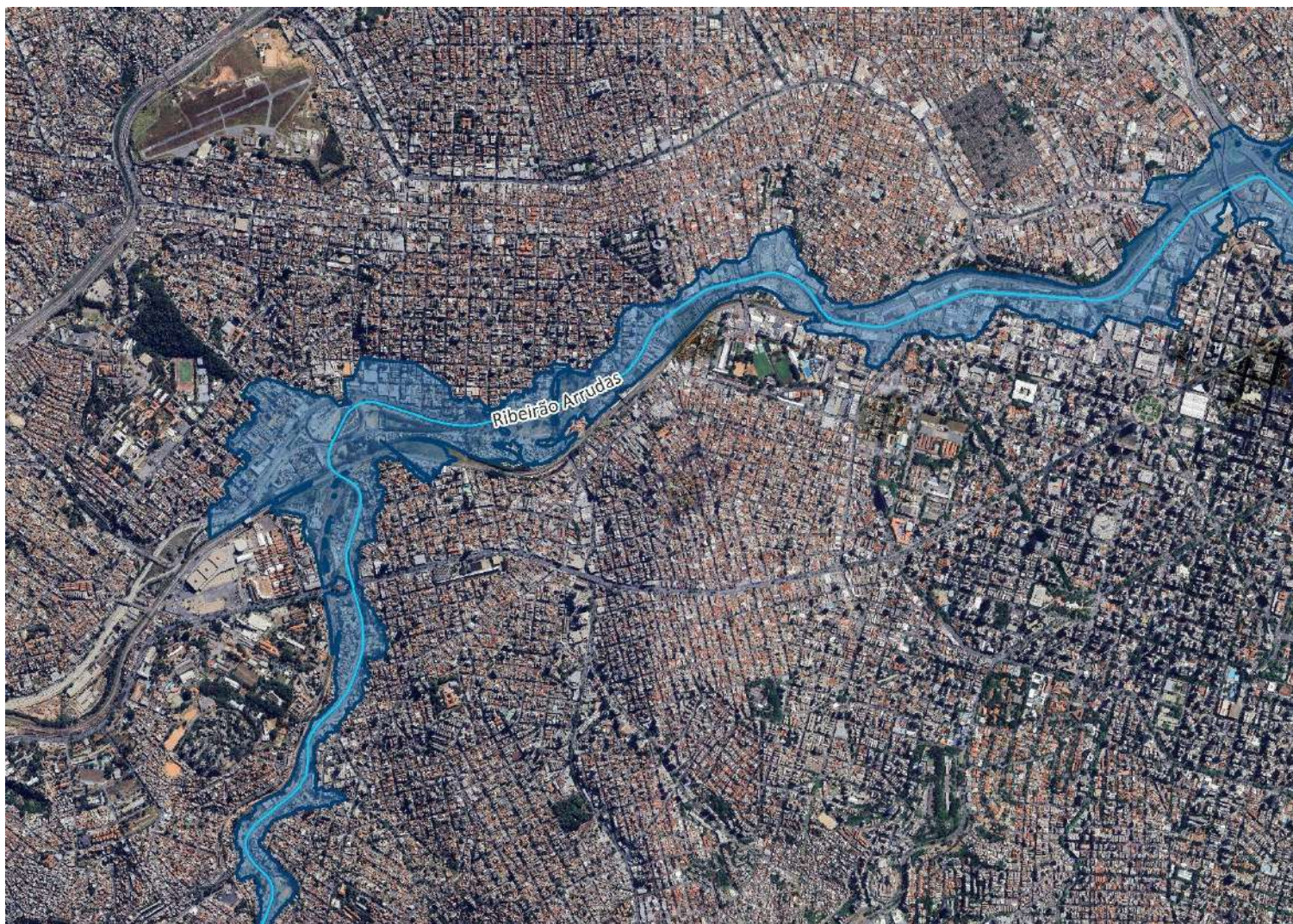
A área de inundação segue o curso d'água, alagando inclusive a av. dos Andradas e rua Souza Aguiar, inundando edificações do bairro Grota, Esplanada, Vera Cruz, Caetano Furquim e Vila da Ária. Nesse trajeto da Av dos Andradas, as edificações marginais serão afetadas. Nesse trecho final, a parte da ETE Estação de Tratamento de Esgoto é afetada, chegando à Cachoeira Ribeirão Arruda e Antiga Usina Elétrica de Belo Horizonte. Cerca de 0.15 km distante da usina a área de inundação termina.

É relevante registrar a existência de importantes artérias viárias na área, objeto de estudo. São apresentadas a seguir, nas Figuras 11.1-1 a 11.1-3, a título de ilustração, a área de inundação das 3 barragens que atravessam de ponta a ponta, sudoeste a nordeste, do município de Belo Horizonte.

Evidencia-se, nessas ilustrações, a ocupação humana permanente existente na área a jusante das barragens que se constitui na Área Potencialmente Vulneráveis (APV) da barragem.



Figuras 11.1-1– Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Áreas Potencialmente Vulneráveis (APVs) – Parte 1/3



Figuras 11.1-2– Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Áreas Potencialmente Vulneráveis (APVs) – Parte 2/3



Figuras 11.1-3– Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Áreas Potencialmente Vulneráveis (APVs) – Parte 3/3

11.1 ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO AFETADA PELA INUNDAÇÃO

A população a ser afetada foi estimada a partir do cruzamento da mancha de inundação com a malha de setores censitários do IBGE (Censo de 2022), a partir do qual foram obtidas as informações de população residente e de domicílios dos setores censitários. As estimativas específicas para as áreas de inundação foram feitas proporcionalmente à área do setor censitário afetado pela mancha de inundação.

A mancha de inundação atravessa o município de Belo Horizonte de sudoeste para nordeste, afetando também parte do município de Contagem.

A área total de inundação estimada até é de cerca de 636 hectares, sendo que a totalidade dessa área é de áreas urbanas.

Tendo o Censo de 2022 como referência, a população afetada seria de 32.645 habitantes, sendo a maior parte dela residente no município de Belo Horizonte. O número total de domicílios afetados seria de 15.353 (Tabela 11.1-1).

Tabela 11.1-1 - Estimativa da população e dos domicílios afetados pela inundação (2022)

Município	Subdistrito	Estimativa da população afetada (hab.)	Estimativa de domicílios afetados (unid.)	Área de inundação (ha)
Belo Horizonte	Centro-Sul	2.849	1.881	121,0
	Leste	8.937	3.772	166,0
	Nordeste	28	18	0,8
	Noroeste	5.182	2.735	85,3
	Oeste	8.388	3.668	141,8
	Barreiro	6.179	2.774	98,0
	Oeste	208	96	3,5
Contagem	Cidade Industrial	2	0	2,7
	Jardim Industrial	768	364	16,4
	Industrial	104	45	0,9
Todos os municípios		32.645	15.353	636,3

Fonte dos dados: IBGE, Censo 2022.

12 CENÁRIOS ACIDENTAIS PROVÁVEIS E CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

12.1 CENÁRIOS ACIDENTAIS PROVÁVEIS DE RUPTURA DE BARRAGENS

Os cenários acidentais prováveis da barragem são decorrentes das ocorrências geradas por eventos naturais ou provocados, que em combinação com a resposta da barragem, podem dar origem a deteriorações, que no caso mais extremo, podem ocasionar a ruptura da mesma, levando à liberação súbita do volume de água armazenado. Segundo o ICOLD – International Commission on Large Dams, 1994, o conceito de deterioração engloba:

- as causas que resultam das ações, que são provocadas por eventos naturais ou pela ação humana, e introduzem solicitações nas obras que influenciam no comportamento das mesmas;
- os efeitos que estão relacionados com o comportamento da estrutura, ou seja, dependem da resposta da estrutura e que se traduzem em grandezas medidas pelo sistema de observação ou monitoramento, quais sejam: as expansões, as deformações, as tensões, os deslocamentos, os movimentos relativos, as vazões drenadas e infiltradas, as subpressões, as pressões neutras etc.;
- as consequências, que ocorrem quando os efeitos atingem determinados valores limites e têm como resultado as deteriorações visíveis, como por exemplo: as expansões do concreto, as fissurações, os deslizamentos e os assentamentos excessivos, assim como os galgamentos, as erosões internas, as vazões excessivas, as rupturas etc.

Apresenta-se na Figura 12-1, a seguir, a ilustração que indica as ocorrências excepcionais e circunstâncias anômalas de barragens, como indicadores de cenários acidentais prováveis de ruptura de barragens.

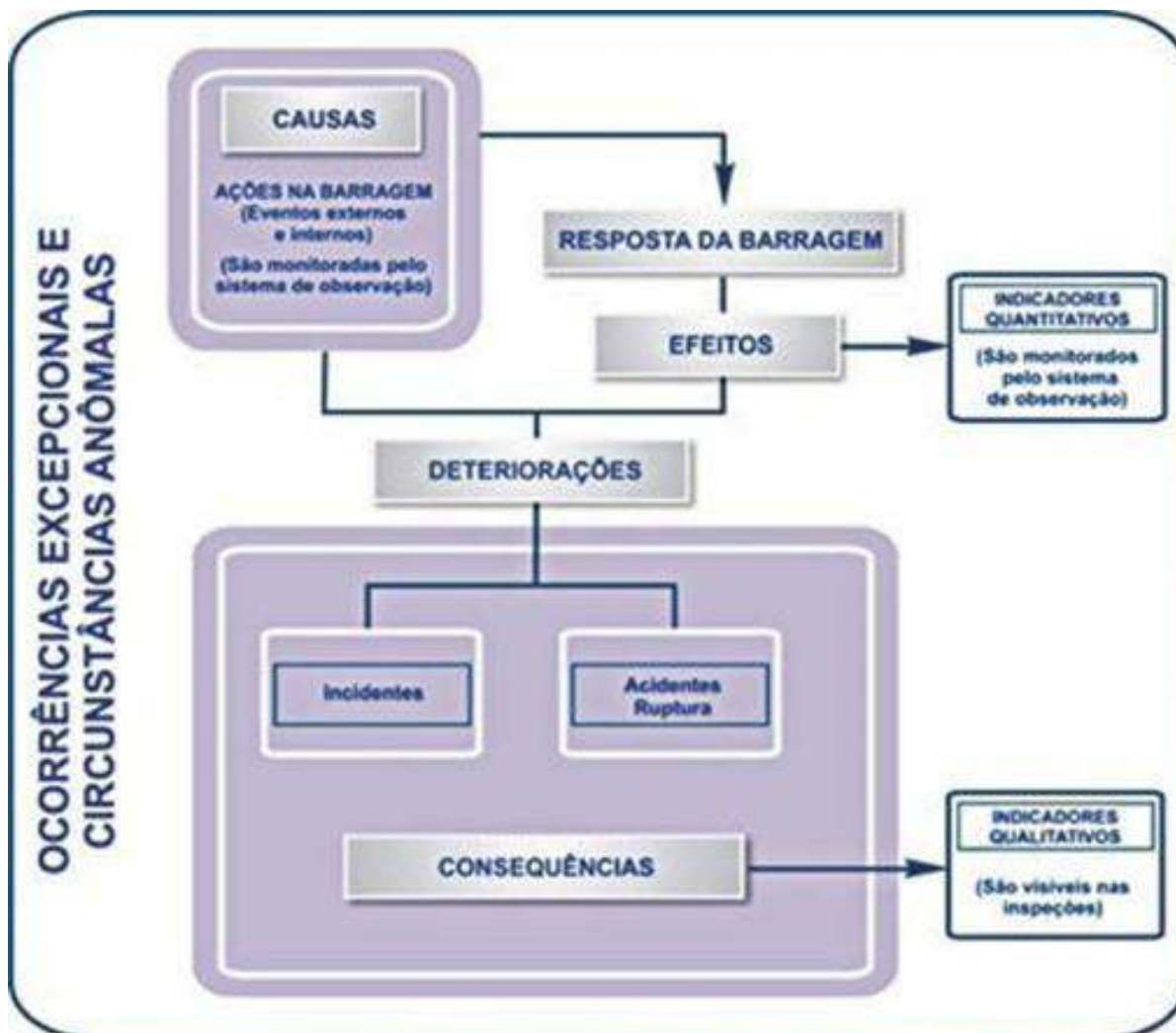


Figura 12.1-1 - Ocorrências Excepcionais e Circunstâncias Anômalas de Barragens

12.2 CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

São caracterizados e classificados no Quadro 12.2-1, a seguir, as definições dos níveis de segurança e os respectivos procedimentos de ação da barragem. A classificação tem 4 (quatro) principais níveis de segurança da barragem (com código de cor), quais sejam: a) normal (verde); b) atenção (amarelo); c) alerta (laranja) e d) emergência (vermelho):

Quadro 12.2-1 - Definição do Nível de Segurança da Barragem

OCORRÊNCIA EXCEPCIONAL OU ANÔMALA		CENÁRIOS POSSÍVEIS	NÍVEL DE SEGURANÇA
Anomalias estruturais na barragem e ombreiras		Falta de dados de observação	Normal
		Constatação de dados anômalos da instrumentação de auscultação conforme níveis de segurança estabelecidos nos manuais de monitoramento	Normal
		Confirmação de comportamento anômalo da estrutura	Atenção
	Trincas	Trincas estáveis, documentadas e monitoradas	Normal
		Trincas superficiais	
		Presença de trincas transversais e/ou longitudinais profundas não documentadas e/ou monitoradas: - que não se estabilizam; - passantes ou não de montante para jusante; - com percolação de água ou não	Atenção
	Deslocamentos	Deslocamentos sazonais (inverno e verão), estáveis, documentados e monitorados;	Normal
		Deslocamentos não sazonais: - não documentados e/ou monitorados; - que não se estabilizam; - causam trincas na estrutura.	Atenção
	Surgências (Áreas Atenção encharcadas ou água surgindo)	Surgência de água próxima à barragem, no paramento de jusante ou ombreiras: - não documentada e/ou não monitorada; - fluxo de água com carreamento de materiais de origem desconhecida; - aumento das infiltrações com o tempo; - fluxo de água com pressão.	
	Vazamentos (fluxo de água intenso)	Vazamentos não documentados e considerados controláveis	
		Vazamentos incontroláveis com erosão interna em andamento	Alerta
	Obstrução do sistema de drenagem da fundação	Elevação da subpressão atuante na fundação da barragem	Atenção
Cheias	Nível de água no reservatório	Nível de água abaixo ou igual ao Máximo Normal	Normal
		Perda do sistema de monitoramento	Atenção
		Nível de água entre o Máximo Normal e o Máximo Maximorum	
		Nível de água acima do Máximo Maximorum	Emergência

OCORRÊNCIA EXCEPCIONAL OU ANÔMALA	CENÁRIOS POSSÍVEIS	NÍVEL DE SEGURANÇA
Falha dos sistemas de comunicação	Impossibilidade de comunicação (barragem isolada)	Atenção
	Impossibilidade de comunicação com a ZAS	
Falhas em outras barragens da cascata	Barragens a jusante e / ou montante	Alerta
Ruptura da Barragem	- Deslizamento e/ou tombamento parcial ou total da barragem - Abertura de brecha na estrutura com descarga incontrolável de água - Colapso completo da estrutura	Emergência

13 IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE DE ANOMALIAS E CONDIÇÕES POTENCIAIS DE RUPTURA DA BARRAGEM

Os níveis de segurança de Alerta e Emergência das barragens são decorrentes de anomalias e condições potenciais de ruptura, que poderão ser constatadas por ocasião dos trabalhos de inspeção visual da barragem, de monitoramento das instrumentação existente, de constatação de ocorrência de fenômenos naturais extremos, tais como grandes enchentes, efeitos sísmicos, iminências de deslizamentos, até mesmo atos de vandalismo, que podem levar a condições potenciais de ruptura da barragem.

São caracterizadas, de forma sucinta, a seguir, as anomalias com condições potenciais de ruptura da barragem, nos níveis mais críticos de segurança, ou seja, nos níveis de alerta e de emergência.

a) Anomalias na Estruturas na Barragem e Ombreiras

Identificação da Anomalia	Caracterização da Anomalia/Cenários Possíveis	Nível de Segurança
Vazamentos (fluxo de água intenso)	Vazamentos incontroláveis com erosão interna em andamento	Alerta

b) Anomalias Decorrentes de Grandes Cheias no d'Água

Identificação da Anomalia	Caracterização da Anomalia/Cenários Possíveis	Nível de Segurança
Nível de água no reservatório	Nível de água acima do Máximo Maximorum	Emergência

c) Anomalias Decorrentes de Falhas em Outras Barragens da Cascata

Identificação da Anomalia	Caracterização da Anomalia/Cenários Possíveis	Nível de Segurança
Falhas em outras barragens da cascata	Barragens a jusante e / ou montante	Alerta

d) Anomalias Decorrentes de Ruptura da Barragem

Identificação da Anomalia	Caracterização da Anomalia/Cenários Possíveis	Nível de Segurança
Ruptura da Barragem	Deslizamento e/ou tombamento parcial ou total da barragem	Emergência
Ruptura da Barragem	Abertura de brecha na estrutura com descarga incontrolável de água	Emergência
Ruptura da Barragem	Colapso completo da estrutura	Emergência

14 PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS A SEREM ADOTADOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

As situações de emergência não são sempre as mesmas, podem ser diferentes para cada barragem, uma vez que cada barragem é uma barragem e apresenta características específicas em cada caso, que não podem ser generalizadas, porém, em geral, os casos de ruptura de barragens apresentam prenúncios de situações de emergência que podem ser resumidamente caracterizados, não se limitando, por:

- ocorrências excepcionais naturais exteriores à barragem, como por exemplo, as tempestades, os sismos, as cheias provocadas por precipitações intensas ou por ruptura de barragens a montante ou, ainda, por ondas induzidas por deslizamentos de encostas no reservatório;
- circunstâncias anômalas de comportamento que derivam de deteriorações no corpo da barragem e/ou sua fundação, nos órgãos extravasores e seu equipamento de operação (eventos internos) e que são consequência das características da estrutura e do seu estado de manutenção, podendo incluir valores excessivos de variáveis, tais como as variações do volume do concreto ou as alterações de natureza físico-química das propriedades dos materiais;
- outras situações internas à barragem relacionadas com a exploração e operação da barragem que derivam da operação dos respectivos órgãos extravasores (por exemplo, o esvaziamento rápido do reservatório em barragens de aterro zonadas com núcleos de baixa permeabilidade ou a operação inadequada de órgãos extravasores) ou, ainda, situações que podem ocorrer nas instalações da barragem (nomeadamente, na sala de emergência e pontos nevrálgicos do aproveitamento), tais como incêndios, inundações e atos de vandalismo.
- ocorrências excepcionais provocadas pelo homem, exteriores à barragem, como por exemplo, sabotagem ou atos de guerra.

São discriminados, a seguir, os principais procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, :

- a) Realização de rebaixamento do nível do reservatório, quando a barragem é provida de um dispositivo de descarga de fundo;
- b) Realização de análise de previsões meteorológicas, com vista a prognósticos emergenciais de precipitações que agravam ou amenizam a situação emergencial;
- c) Execução de dispositivos emergenciais que podem conter emergencialmente o transbordamento da barragem, por exemplo, colocação sucessiva de camadas de sacos de areia na crista da barragem;

- d) Execução de medidas efetivas para contenção ou estabilização, em tempo real, de anomalias estruturais que possam ocorrer em caso de chuvas intensas, com;
- e) Utilização de enrocamentos e dispositivos de proteção contra problemas de erosão do tipo “sacocreto”, gabião saco etc.;
- f) Execução de extravasores emergenciais nas ombreiras livres do barramento para aumentar, emergencialmente, a capacidade de extravasão do barramento.

15 ESTRATÉGIAS E MEIOS DE DIVULGAÇÃO E ALERTA

Os sistemas de divulgação e alerta tem como meta avisar os intervenientes e decisores principais das ações de emergência e, quando se revelar necessário, alertar a população em risco que ocupa a ZAS - Zona de Autossalvamento da(s) barragem(s).

Considerando-se que a região potencialmente atingida é composta por aglomerados urbanos, área industrial e área rural, a estratégia sugerida para a comunicação dos potenciais atingidos será a comunicação, via telefone e sistema de alarme público, por meio de sinais sonoros (sirenes fixas).

De acordo com os estudos de propagação da mancha de inundação, caso ocorra o rompimento da(s) barragem(s), praticamente toda a área mais próxima ao curso d'água situada a jusante da(s) barragem situa-se na ZAS – Zona de Autossalvamento, ou seja, a zona definida como o menor valor entre 10 km a jusante do eixo da(s) barragem(s), ou a distância percorrida pela onda de cheia em até 30 minutos (ANA, 2016).

As áreas de impacto direto, denominadas ZAS – Zona de Autossalvamento e ZSS – Zona de Segurança Secundária, situam-se a jusante da barragem, ou seja, no trecho situado ao longo do curso d'água, no sentido rio abaixo. Apresenta-se na Figura 15-1, a seguir, a ilustração da ZAS e ZSS de uma barragem genérica.



Figura 15-1 - Ilustração da ZAS e ZSS de uma Barragem Genérica

Observa-se que o empreendedor ainda não possui mecanismos específicos de comunicação para situações de emergência, como rádio ou outras formas de comunicação. Assim existe a possibilidade de comunicação com a população de jusante apenas por meio de telefones celulares e convencionais.

Para o sistema de alerta na ZAS - Zona de Autossalvamento recomenda-se a instalação de um sistema de sirenes, em locais estrategicamente localizados, que tenha alcance em toda a área potencialmente afetável, dentro dos limites da ZAS.

A população vulnerável é aquela que ocupa permanentemente, ou seja, que habita as áreas da ZAS – Zona de Autossalvamento e da ZSS – Zona de Segurança Secundária, situada a jusante da barragem, ou seja, no trecho situado ao longo do curso d'água, no sentido rio abaixo, tal como se mostra na Figura 15-2 - Ilustração da Localização da Ocupação Potencialmente Vulnerável, a seguir:

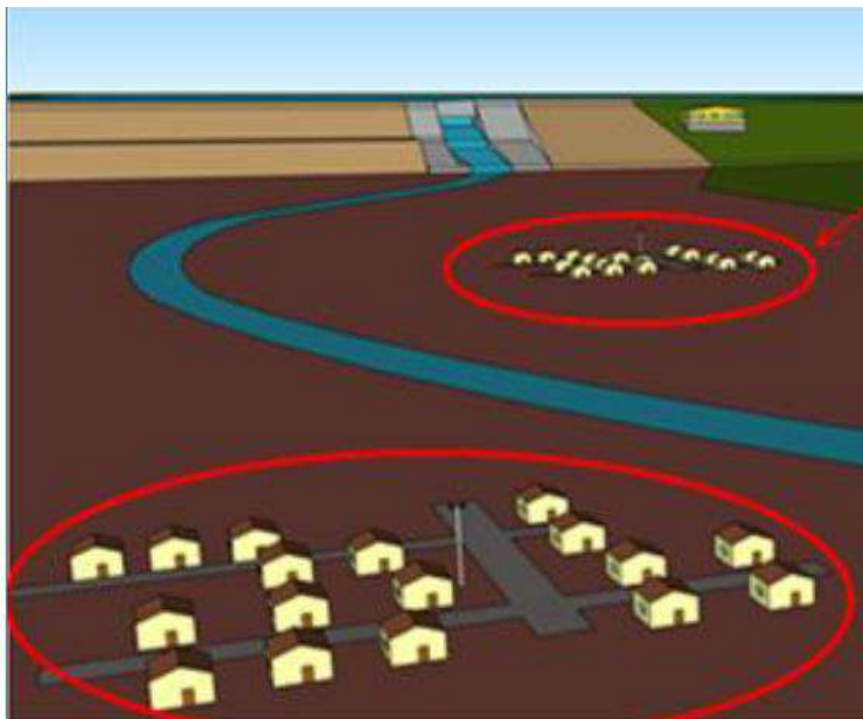


Figura 15-2 - Ilustração da Localização da Ocupação Potencialmente Vulnerável

16 SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO E DISPOSITIVOS DE ALERTA SONORO

O sistema de monitoramento, comunicação e alerta é implantado, caso a caso, conforme as características da barragem, sendo constituído de uma sistema de vigilância contínua, eletrônica ou não, que terá o propósito de emitir os sinais de alerta à população vulnerável, caso se tenha uma situação de emergência ou possibilidade de ruptura da barragem, tal como se mostra na Figura 16-1 - Ilustração de um Sistema Típico de Monitoramento, Comunicação e Alerta, a seguir:

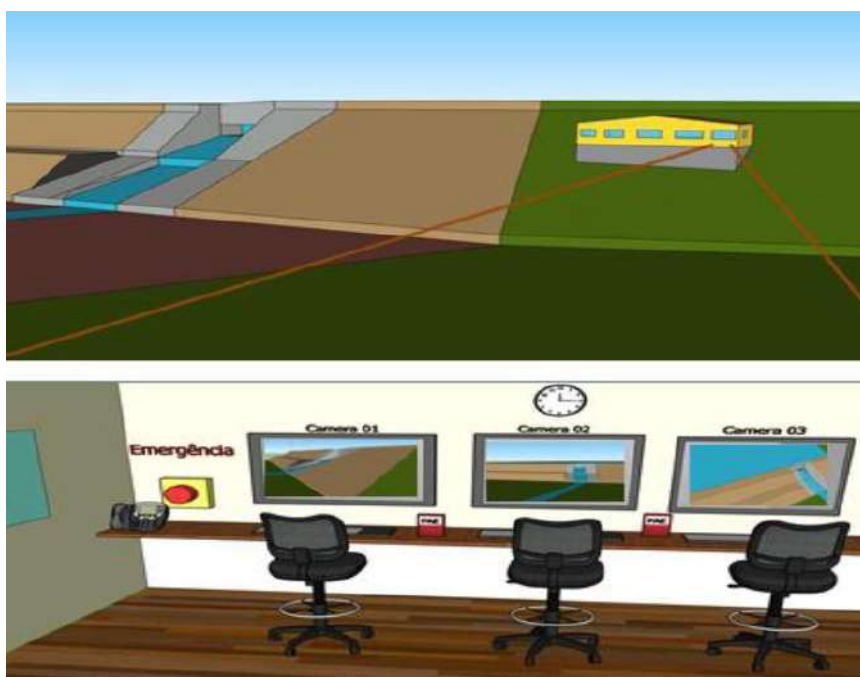


Figura 16-1 - Ilustração de um Sistema Típico de Monitoramento, Comunicação e Alerta

16.1 PLANO DE COMUNICAÇÃO DE EMERGÊNCIA

O plano de comunicação de emergência é concebido e implantado, caso a caso, conforme as características da barragem, sendo constituído de uma sistema de comunicação eletrônica ou outro mais adequado, tal como se mostra na Figura 16-2 - Ilustração de um Plano de Comunicação de Emergência, a seguir:

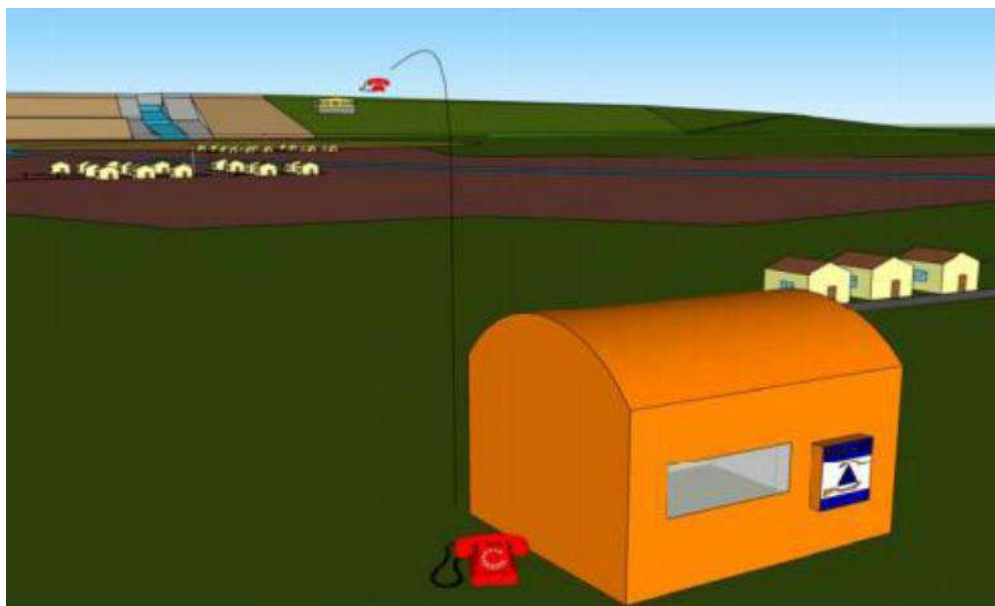


Figura 16-2 - Ilustração de um Plano de Comunicação de Emergência

16.2 SISTEMA DE ALARME

O sistema de alerta é concebido e implantado, caso a caso, conforme as características da barragem, sendo constituído de um sistema de alarme sonoro, tal como se mostra Figura 16-3 - Ilustração de um Sistema de Alarme Sonoro, a seguir:

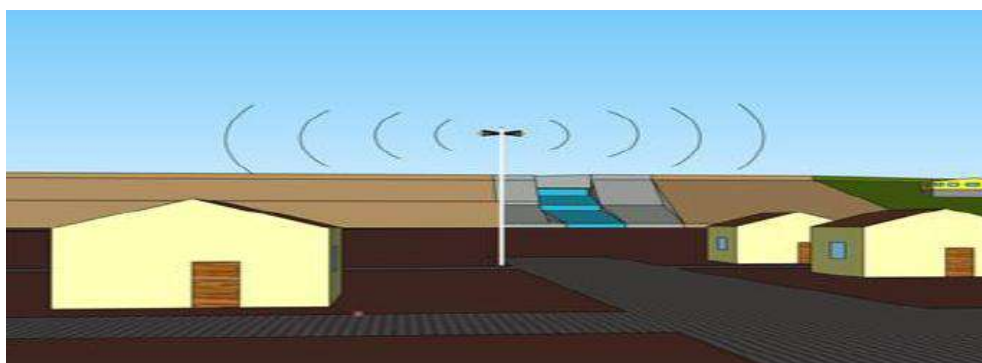
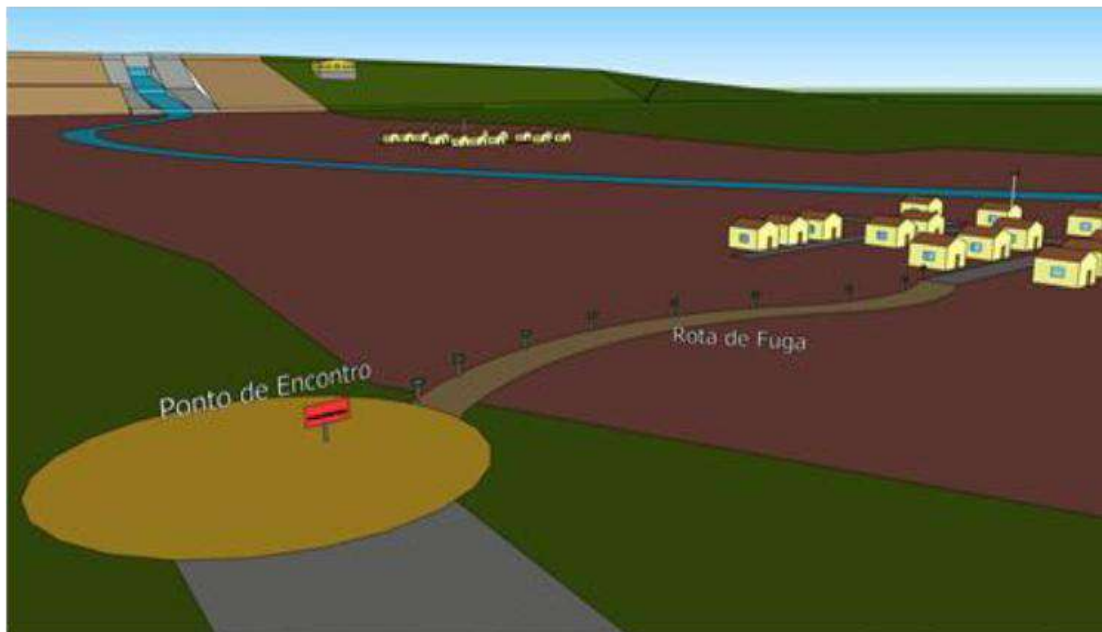


Figura 16-3 - Ilustração de um Sistema de Alarme Sonoro

16.3 ROTAS DE FUGA E PONTOS DE ENCONTRO

As rotas de fuga e pontos de encontro das populações vulneráveis a uma eventual ruptura da barragem são previamente definidas e informadas no PAE – Plano de Ação de Emergência, de forma a orientar, com antecedência, as populações residentes nas áreas vulneráveis, tal como se mostra na ilustração a seguir:



- Rotas de fuga planejadas, sinalizadas e acessíveis
- Pontos de encontro sinalizados e com instruções

As rotas de fuga e pontos de encontro deverão ser sinalizadas, caso a caso e local por local, conforme as características da barragem e localização das habitações, tal como se mostra na ilustração a seguir:



16.4 AÇÕES DE RESGATE, ABRIGAMENTO E ATENDIMENTO HOSPITALAR

As ações de resgate, abrigamento e atendimento hospitalar deverão ser previamente planejadas e colocadas em situações de mobilização rápida caso ocorra um eventual problema de ruptura de barragem, caso a caso e local por local, conforme as características da barragem e localização das habitações, tal como se mostra na ilustração a seguir:



- Realização de Simulados
- Realização de Audiências Públicas: Aprovação de Plano

Por fim, observa-se que as ações de resgate, abrigamento e atendimento hospitalar caso ocorra um eventual problema de ruptura de barragem deverão ser coordenados pelo órgão de defesa civil local, com o apoio e coorganização pelo empreendedor.

Coordenação pela Defesa Civil – Apoio e Coorganização pelo Empreendedor



17 RECURSOS MATERIAIS E HUMANOS NECESSÁRIOS

Os telefones de contato do empreendedor, do coordenador, e do encarregado pela barragem deverão estar atualizados junto à Defesa Civil local e Empreendedor.

O responsável pelo Suprimento de Materiais deverá manter o controle e garantir a manutenção e/ou reposição de estoque de materiais perenes. Esses materiais são necessários para um atendimento imediato e provisório, para fazer frente às condições de Emergência que estejam se iniciando, para que se possa ganhar tempo, até à chegada de equipe, equipamento e materiais, que realmente possam ter uma ação mais completa sobre o evento. Os materiais devem estar à disposição para uso no local próprio, no canteiro da Barragem, antes do início do período oficial de chuvas de cada ano.

Para execução dos serviços na condição anormal, para se tentar reverter o progresso do evento, devem estar disponíveis (além dos materiais e das pessoas), algumas Ferramentas específicas, mantidas em estoque separado.

18 PROGRAMAS DE TREINAMENTO E DIVULGAÇÃO

18.1 TREINAMENTO

Para que as ações de resposta previstas no Plano de Ação de Emergência atinjam os resultados esperados nas situações de emergência, o plano deve ser divulgado internamente na área de influência da barragem, além de ser integrado com outras instituições que poderão atuar conjuntamente na resposta aos acidentes.

Todos os participantes do Plano de Ação Emergencial deverão ser alvo de treinamento para conscientização e familiarização com as atividades que deverão exercer. O treinamento deverá dar ênfase à mobilização dos recursos internos envolvidos.

Para a implantação do plano de ação emergencial, será necessário realizar apresentação deste plano a todos os representantes da Polícia Militar, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e Empreendedor.

Para o treinamento é sugerido à realização de teste anual, do sistema de notificação e alerta a fim de confirmar os números de telefones, e verificar a operacionalidade dos meios de comunicação, bem como a funcionalidade do fluxograma de notificação.

Anualmente os integrantes deverão participar dos cursos de reciclagem das atividades, que terão como finalidade a preparação para a prontidão efetiva, e que serão ministrados após a atualização geral dos cadastros e antes do início da estação chuvosa.

Deverá existir pelo menos um simulado com frequência anual como forma de treinamento quanto a emergências. Todos os exercícios e simulações deverão ser realizados da forma mais realista possível, abrangendo todos os tipos de emergências citadas neste plano, aferindo todas as fases programadas.

O objetivo primordial dos exercícios é manter todas as pessoas envolvidas familiarizadas com os procedimentos emergenciais e especificamente aferir as respostas de indivíduos nas responsabilidades que lhe foram atribuídas, além de identificar possíveis falhas e possibilidades de melhorias das ações.

Externamente, os treinamentos do PAE devem ser coordenados pelas Autoridades de Proteção e Defesa Civil, com a participação e apoio do empreendedor.

A preparação e educação da população é uma ação de suma importância para as simulações, promovendo sessões de esclarecimento e divulgando informações relativas ao risco de habitar em vales a jusante e à existência de Planos de Emergência.

Os cidadãos que residem na ZAS ou ZSS devem ser esclarecidos sobre algumas práticas de mitigação do risco que podem ser implementadas, tais como conhecer os significados dos alertas, os limites de inundação e locais de refúgio.

Os resultados obtidos desses exercícios deverão ser avaliados por profissionais que apresentam conhecimento a respeito dos procedimentos traçados no plano e que deverão analisar criticamente a aplicação do mesmo.

Todos os participantes do simulado deverão ser informados sobre as avaliações e análises dos resultados, para reestruturação e reorganização para o simulado posterior.

Considerando os resultados obtidos em treinamentos ou na resposta a eventuais acidentes, o plano deverá ser revisado e aperfeiçoado. Qualquer alteração ou atualização do plano deverá ser previamente aprovada pelo Coordenador Geral devendo, posteriormente, todas as modificações serem divulgadas interna e externamente.

A credibilidade do plano de emergência, na ausência de situações reais de crise, deverá ser avaliado por ordem ascendente de complexidade, quais sejam: i) teste dos sistemas de notificação e de alerta; ii) exercício de nível interno; e iii) exercício de simulação.

18.2 DIVULGAÇÃO E NOTIFICAÇÃO

A divulgação do PAE - Plano de Ação de Emergência deverá ser feita por meio de reuniões entre os representantes do Empreendedor e os representantes dos órgãos de defesa civil e dos municípios situados na ZSS – Zona de Segurança Secundária. A notificação deverá abranger todos os atores envolvidos no PAE.

O teste dos sistemas de notificação e alerta deverá ser realizado com periodicidade anual, preferencialmente antes do período chuvoso, com o objetivo essencial de confirmar os números de telefone e verificar a operacionalidade dos meios de comunicação, bem como a funcionalidade do fluxograma de notificação, compreendendo:

a) Teste do Sistema de Notificação

- verificar os números dos telefones;
- verificar a capacidade de estabelecer e manter as comunicações durante a situação de emergência;
- verificar a capacidade do coordenador do PAE de mobilizar e ativar a equipe operacional e os meios de resposta à emergência.

b) Teste do Sistema de Alerta

- verificar a operacionalidade dos meios de alerta
- verificar a capacidade de notificar rapidamente a população na ZAS.

O exercício de nível interno deverá ser realizado com vista à avaliação da resposta e a eficácia dos procedimentos de resposta definidos no PAE. O exercício de nível interno deverá ser realizado a cada 2 anos, com a participação da equipe de segurança do empreendedor, inclusive do coordenador do PAE e da Entidade Fiscalizadora.

Este exercício têm o propósito de proporcionar a análise de uma situação de emergência num ambiente informal, iniciando-se com a descrição do evento a simular e prosseguindo-se com debates pelos participantes para avaliar o PAE e os procedimentos de resposta visando resolver as preocupações relativas à coordenação e responsabilidades.

Todas as atividades devem ser simuladas e os participantes interagem através do diálogo. Ele oferece um método eficaz de revisão dos planos, procedimentos de execução e políticas, servindo como instrumento de formação para o pessoal-chave com responsabilidades numa eventual emergência. Os objetivos específicos deste exercício são:

c) **Teste da Resposta a Nível Interno**

- avaliar o nível de conhecimento da equipe operacional relativamente ao PAE;
- testar a operacionalidade dos órgãos extravasores da barragem;
- determinar a eficácia dos procedimentos internos e, nomeadamente, das medidas operativas e corretivas que constam do PAE;
- avaliar a adequação das instalações, equipamentos e outros materiais para suportar o cenário de emergência;
- determinar o nível de cooperação e coordenação entre o Empreendedor e a Entidade Fiscalizadora na resposta à emergência;

d) **Teste do Sistema de Alerta**

- testar a eficácia do sistema de informação ao público e de disseminação de mensagens;
- providenciar informação oficial e instruções à população da ZAS para facilitar uma resposta tempestiva e apropriada durante a emergência.

18.3 EXERCÍCIO DE SIMULAÇÃO

Externamente, os treinamentos do PAE devem ser coordenados pelas Autoridades de Proteção e Defesa Civil, com a participação e apoio do empreendedor e da Entidade Fiscalizadora.

Este tipo de exercício simula um evento real tão realisticamente quanto possível, com o objetivo de avaliar a capacidade operacional de um sistema de gestão de emergência. Requer a mobilização efetiva de meios e recursos através de : i) ações e decisões no terreno; ii) evacuação de pessoas e bens; iii) emprego de meios de comunicação; iv) mobilização de equipamento; e v) colocação real de pessoal e recursos.

Os cidadãos que residem na ZAS ou ZSS devem ser esclarecidos sobre algumas práticas de mitigação do risco que podem ser implementadas, tais como conhecer os significados dos alertas, os limites de inundação e locais de refúgio.

A Defesa Civil Municipal é o efetivo agente de implementação do Plano de Ação de Emergência das barragens junto às comunidades potencialmente afetadas. É o agente indutor da participação social no processo de Segurança de Barragens.

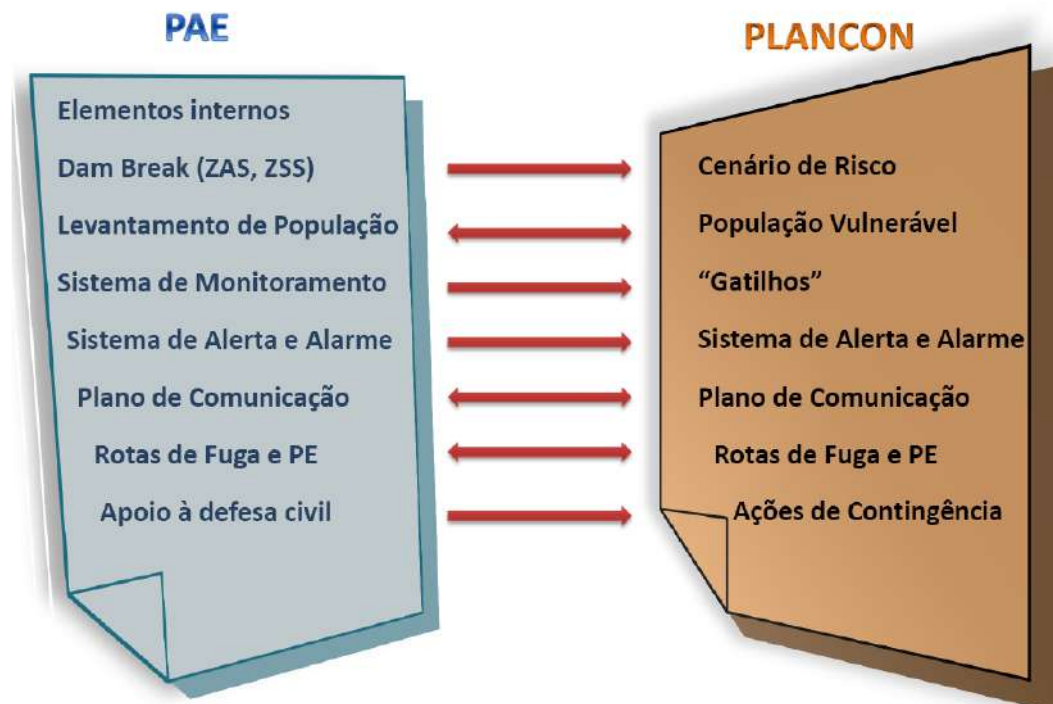
18.4 FASES DE EMERGÊNCIA EM BARRAGENS

São apresentadas, a seguir, as duas fases de emergência em barragens:



18.4.1 Elementos Compartilhado

São apresentados, a seguir, os elementos compartilhados das fases de emergência em barragens, quais sejam, o PAE – Plano de Ação de Emergência, que tem foco na segurança da barragem e PLANCON - Plano de Contingência, que tem foco na emergência:



18.4.2 Objetivos do PAE e PLANCON

Os objetivos, tanto do PAE, como do PLANCON, são de salvar vidas e mitigar os impactos caso ocorra uma situação de ruptura da barragem. Apresenta-se, a seguir, a ilustração que mostra como o PAE e PLANCON poderão contribuir e atuar em tal situação:



19 CONTROLE E ATUALIZAÇÃO DO PAE

O PAE é um documento que deve ser adaptado à fase de vida da obra, às circunstâncias de operação e às suas condições de segurança. Por isso, o documento deve ser periodicamente revisado, datado e com discriminação das alterações dos dados intervenientes e, ainda, após a realização de exercícios de teste ou da ocorrência de situações de emergência, que justifiquem alterações ao plano. A revisão e atualização do PAE é da responsabilidade do Empreendedor.

O PAE deve ser atualizado, sempre que seja necessário, de preferência anualmente, sendo incluídas nessas atualizações as novas informações e removidos os dados desatualizados e/ou incorretos.

Anualmente, antes do início do período de chuvas, todos os cadastros deverão sofrer rigorosa atualização, bem como o presente documento se for o caso.

As informações atualizadas devem, necessariamente, incluir:

- Números de telefone;
- E-mail's;
- Suprimentos e sua localização;
- Mudanças de pessoal;
- Endereços;
- Alterações na barragem;
- Mudanças nos procedimentos de operação da barragem;
- As Diretrizes Gerais do Programa de Segurança de Barragens;
- As Diretrizes Operativas para Gestão de Eventos de Cheia.

Outros itens devem ser avaliados e inseridos caso haja necessidade.

Os registros de alterações devem ser claros e aparentes na capa do documento e, após cada alteração, deve-se realizar nova distribuição às entidades envolvidas.

20 DISTRIBUIÇÃO DE CÓPIAS DO PAE PARA AS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS E PRIVADAS COM OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE RECEBIMENTO

As instituições que receberam cópia deste PAE, com respectivo número de protocolo de recebimento, encontram-se listados no Quadro 20.1.

Quadro 20.1 – Instituições que receberam cópia do PAE da Barragem

Instituição	N. de Protocolo	Data
PBH: Gabinete do Prefeito		
SUPDEC: Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil		
SUDECAP: Superintendência de Desenvolvimento da Capital		
URBEL: Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte		
BHTRANS		
SMMA: Secretaria de Meio Ambiente		
SLU: Superintendência de Limpeza Urbana		
SMAIC: Secretaria de Assuntos Institucionais e Comunicação Social		
ASCOM: Assessoria de Comunicação Social		
COP-BH: Centro de Operações		
PGM: Procuradoria Geral do Município		
SMSA: Secretaria Municipal de Saúde		
SMASAC: Secretaria de Assistência Social, Segurança Alimentar e Cidadania		
SMSP: Secretaria Municipal de Segurança e Prevenção		
NAC: Núcleos de Alerta de Chuva - Regionais Pampulha, Norte e Nordeste		
GMBH: Guarda Municipal de Belo Horizonte		
CEDEC: Defesa Civil do Estado de Minas Gerais		
Corpo de Bombeiros Militar de Minas gerais		
Secretaria de Saúde do Estado		

	Instituição	N. de Protocolo	Data
	SAMU		
	Polícia Militar de Minas Gerais		
	Polícia Rodoviária Estadual de Minas Gerais		
	Polícia Rodoviária Federal		
	COPASA		
	CEMIG		
	GASMIG		
	Prefeitura Municipal de Contagem		



21 ANEXOS

21.1 ANEXO I - MODELOS DE FORMULÁRIOS PADRÃO DO PAE

21.1.1 Modelo 1 - Declaração de Início da Emergência

Declaração de Início da Emergência

Empreendedor:

Nome da Barragem:

Coordenadas Geográficas:

Dano Potencial Associado:

Categoria de Risco:

Classificação da barragem:

Município/UF:

Data da inspeção que caracterizou o início da emergência:

Nível de Resposta:

Declaro para fins de acompanhamento junto ao Igam que está sendo declarada situação de emergência nesta data em consonância com a Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, e demais normas ou atos administrativos normativos vigentes.

Local e data.

.....

Nome completo do representante legal do empreendedor

CPF

21.1.2 Modelo 2 – Formulário de Registro de Situações de Emergência

**REGISTRO DE SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA BARRAGEM _____
BELO HORIZONTE, MG**

Data da ocorrência: ____/____/____ **Horário da ocorrência:** __: __

Condições climáticas locais: _____

Descrição geral da situação de emergência:

Área(s) da barragem afetada(s):

Extensão dos danos na barragem:

Possível(is) causa(s): _____

Efeito(s) na operação da barragem: _____

Elevação inicial do reservatório: _____ **Hora:** __: __

Elevação máxima do reservatório: _____ **Hora:** __: __

Elevação final do reservatório: _____ **Hora:** __: __

Descrição da área inundada a jusante (danos / lesões / perdas de vida):

Outros dados e comentários:

Nome e número de telefone de quem preencheu este formulário:

Relatório elaborado por: _____ **Data:** ____/____/____

21.1.3 Modelo 2 - Declaração de Encerramento da Emergência

Declaração de Encerramento da Emergência

Empreendedor:

Nome da Barragem:

Coordenadas Geográficas:

Dano Potencial Associado:

Categoria de Risco:

Classificação da barragem:

Município/UF:

Data da última inspeção que atestou o encerramento da emergência:

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto ao Igam que a situação de emergência iniciada em __/__/____ foi encerrada em __/__/____, em consonância com a Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, e demais normas ou atos administrativos normativos vigentes.

Local e data.

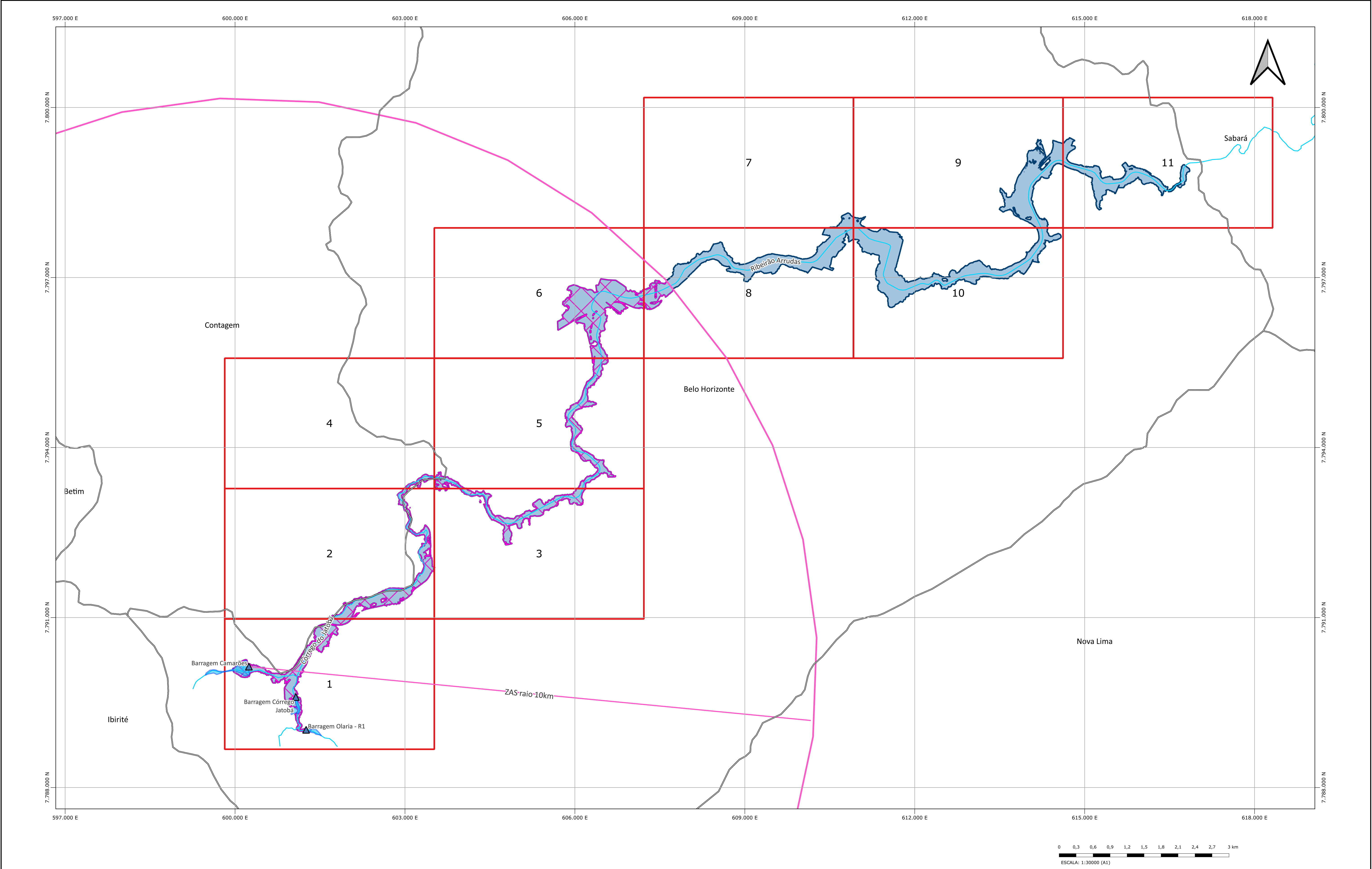
.....

Nome completo do representante legal do empreendedor

CPF

21.2 ANEXO II - MAPAS DE INUNDAÇÃO E DE RISCO HIDRODINÂMICO

Item	Número	Discriminação
1	SM1013-OJC-03-001	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura com Vazão Decamilenar e Zona de Autossalvamento – Planta Chave
2	SM1013-OJC-03-002	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 01/11
3	SM1013-OJC-03-003	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 02/11
4	SM1013-OJC-03-004	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 03/11
5	SM1013-OJC-03-005	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 04/11
6	SM1013-OJC-03-006	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 05/11
7	SM1013-OJC-03-007	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 06/11
8	SM1013-OJC-03-008	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 07/11
9	SM1013-OJC-03-009	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 08/11
10	SM1013-OJC-03-010	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 09/11
11	SM1013-OJC-03-011	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 10/11
12	SM1013-OJC-03-012	Barragens Olaria, Jatobá e Camarões – Plano de Ação de Emergência – PAE – Mancha de Inundação da Onda de Ruptura – Folha 11/11



A	EMISSÃO INICIAL	B.H.	H.U.	NOV / 24
REV.	DISCRIMINAÇÃO	ELAB.	APROV.	DATA

- Legenda:
- ▲ Barragem
 - Hidrografia
 - ▨ Zona de Autossalvamento
 - ▨ Mancha de Inundação
 - ▭ Limite Municípios

Referências:

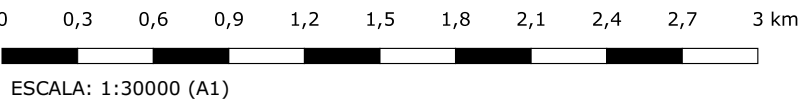
SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA: SIRGAS 2000: PROJEÇÃO UTM, ZONA 23S.

1 - IBGE/DGC. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA, AO MILIONÉSIMO - BCIM 2016: 5ª VERSÃO DIGITAL. RIO DE JANEIRO, 2016.

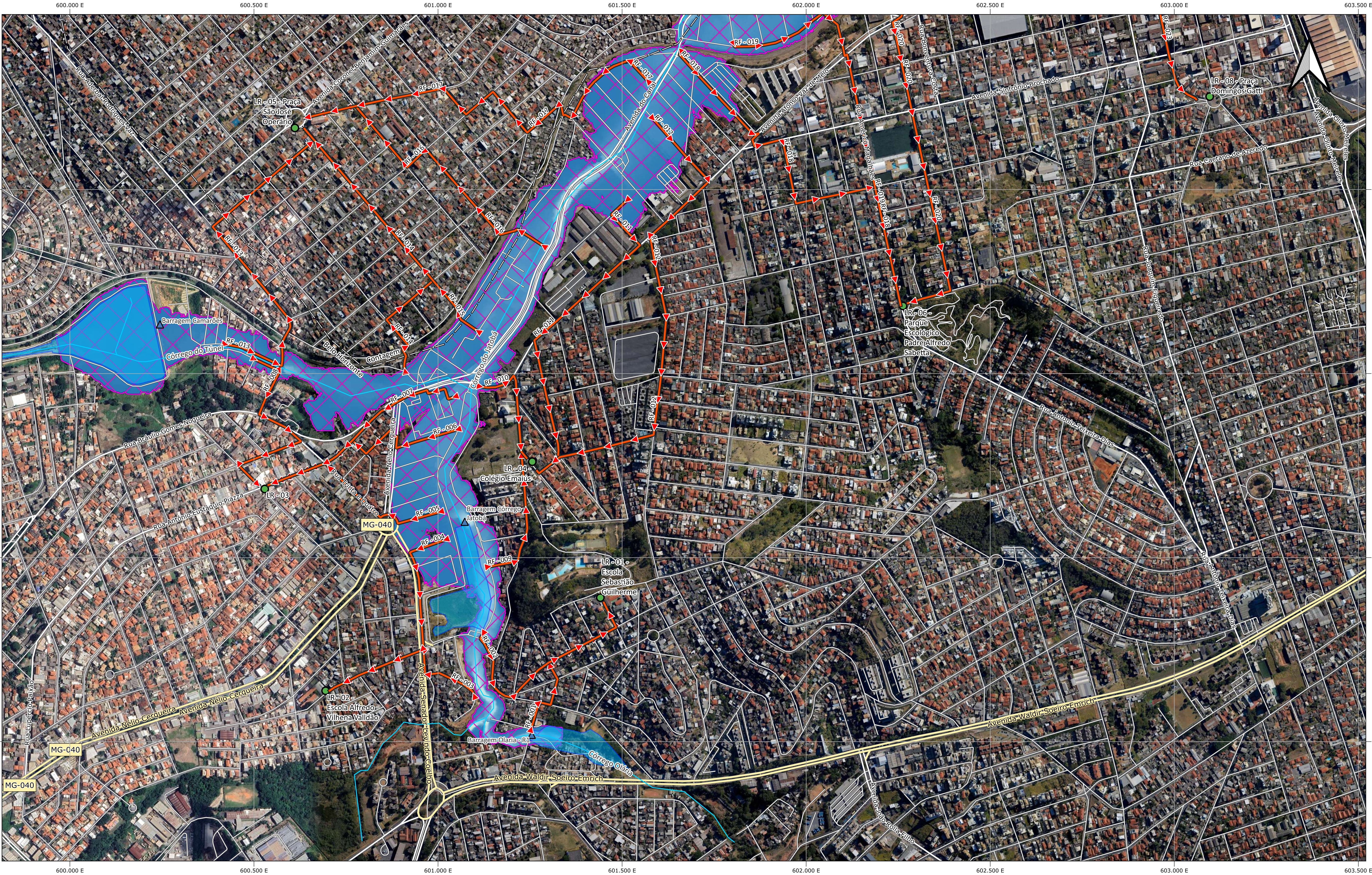
2 - IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA 1:250.000. RIO DE JANEIRO, 2017.

3- © OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. OPENSTREETMAP.ORG/COPYRIGHT.

4- GOOGLE INC. GOOGLE.COM/MAPS.

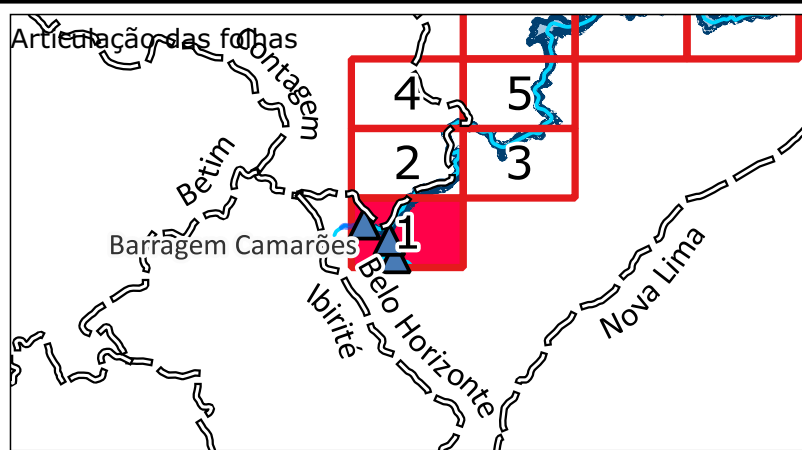


		PREFEITURA BELO HORIZONTE
PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA BARRAGENS OLARIA, JATOBÁ E CAMARÕES		
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE MANCHA DE INUNDAÇÃO DA ONDA DE RUPTURA COM VAZÃO DECA-MILENAR E ZONA DE AUTOSSALVAMENTO PLANTA CHAVE		
DATA:11/2024	PROJ.: B.H.	Nº HYDROS: SM1013-OJC-03-001
ESCALA: 1:30000	APROV.: H.U.	Nº SMOBI:
		REV.: A



A	EMIÇÃO INICIAL	B.H.	H.U.	NOV / 24
REV.	DISCRIMINAÇÃO	ELAB.	APROV.	DATA

- Legenda:
- Limite Municípios
 - Barragem
 - Hidrografia
 - Zona de Autossalvamento
 - Mancha de Inundação
 - Local de Refúgio (Ponto de Encontro)
 - Rota de Fuga
 - Rodovias Principais
 - Rodovias Secundárias
 - Avenidas, Ruas, pontes e demais acessos
- Risco Hidrodinâmico
- 0
- =>60



Referências:

SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA: SIRGAS 2000; PROJEÇÃO UTM, ZONA 23S.

1 - IBGE/DGC. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA, AO MILIONÉSIMO - BCIM 2016: 5ª VERSÃO DIGITAL. RIO DE JANEIRO, 2016.

2 - IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA 1:250.000. RIO DE JANEIRO, 2017.

3 - © OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. OPENSTREETMAP.ORG/COPYRIGHT.

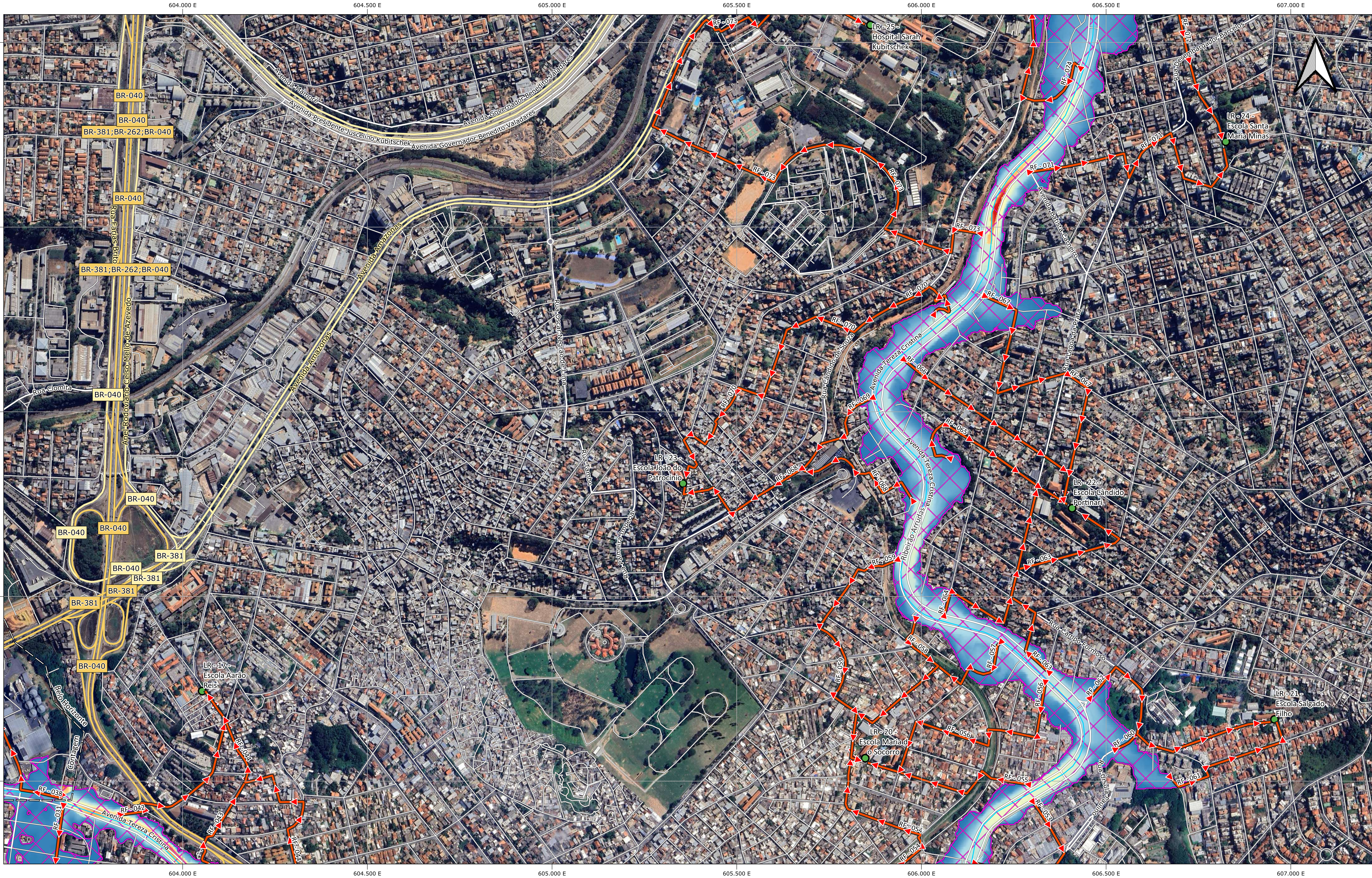
4- GOOGLE INC. GOOGLE.COM/MAPS.



PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA
BARRAGENS OLARIA, JATOBÁ E CAMARÕES

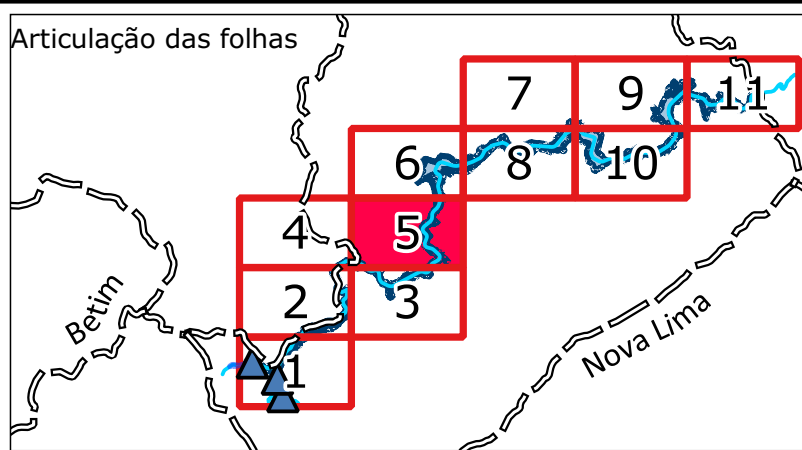
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE
MANCHA DE INUNDAÇÃO DA ONDA DE RUPTURA
FOLHA 01/11

DATA: 11/2024	PROJ.: B.H.	Nº HYDROS: SM1013-OJC-03-002	REV.: A
ESCALA: 1:5.000	APROV.: H.U.	Nº SMOBI:	



A	EMIÇÃO INICIAL	B.H.	H.U.	NOV / 24
REV.	DISCRIMINAÇÃO	ELAB.	APROV.	DATA

- Legenda:
- Limite Municípios
 - Barragem
 - Hidrografia
 - Zona de Autossalvamento
 - Mancha de Inundação
 - Local de Refúgio (Ponto de Encontro)
 - Rota de Fuga
 - Rodovias Principais
 - Rodovias Secundárias
 - Avenidas, Ruas, pontes e demais acessos
- Risco Hidrodinâmico
- 0
- =>60



Referências:

SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA: SIRGAS 2000; PROJEÇÃO UTM, ZONA 23S.

1 - IBGE/DGC. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA, AO MILIONÉSIMO - BCIM 2016: 5ª VERSÃO DIGITAL. RIO DE JANEIRO, 2016.

2 - IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA 1:250.000. RIO DE JANEIRO, 2017.

3 - © OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. OPENSTREETMAP.ORG/COPYRIGHT.

4 - GOOGLE INC. GOOGLE.COM/MAPS.

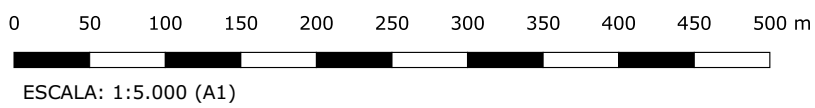


PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA
BARRAGENS OLARIA, JATOBÁ E CAMARGÊS

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE
MANCHA DE INUNDAÇÃO DA ONDA DE RUPTURA
FOLHA 05/11

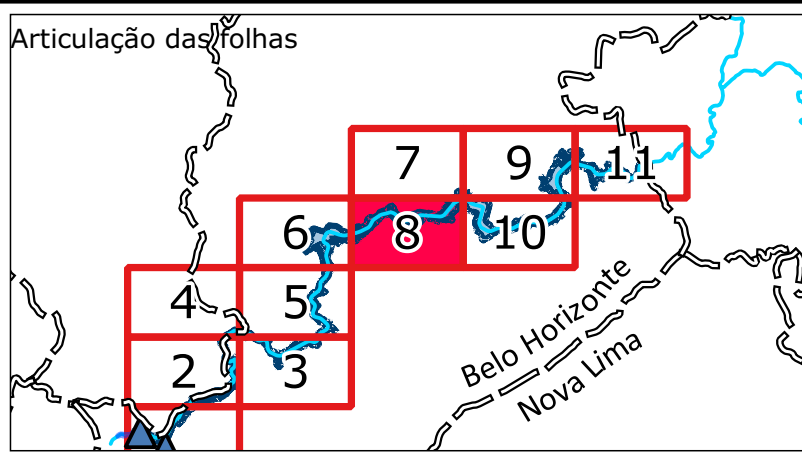
DATA: 11/2024 PROJ.: B.H. Nº HYDROS: SM1013-OJC-03-006 REV.: A

ESCALA: 1:5.000 APROV.: H.U. Nº SMOBI:



A	EMIÇÃO INICIAL	B.H.	H.U.	NOV / 24
REV.	DISCRIMINAÇÃO	ELAB.	APROV.	DATA

- Legenda:
- Limite Municípios
 - Barragem
 - Hidrografia
 - Zona de Autossalvamento
 - Mancha de Inundação
 - Local de Refúgio (Ponto de Encontro)
 - Rota de Fuga
 - Rodovias Principais
 - Rodovias Secundárias
 - Avenidas, Ruas, pontes e demais acessos
- Risco Hidrodinâmico
- 0
- =>60



Referências:

SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA: SIRGAS 2000; PROJEÇÃO UTM, ZONA 23S.

1 - IBGE/DGC. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA, AO MILIONÉSIMO - BCIM 2016: 5ª VERSÃO DIGITAL. RIO DE JANEIRO, 2016.

2 - IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA 1:250.000. RIO DE JANEIRO, 2017.

3 - © OPENTREEMAP CONTRIBUTORS. OPENTREEMAP.ORG/COPYRIGHT.

4 - GOOGLE INC. GOOGLE.COM/MAPS.



PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA
BARRAGENS OLARIA, JATOBÁ E CAMARGÊS

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE
MANCHA DE INUNDAÇÃO DA ONDA DE RUPTURA
FOLHA 08/11

DATA: 11/2024

PROJ.: B.H.

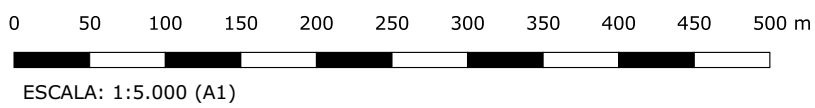
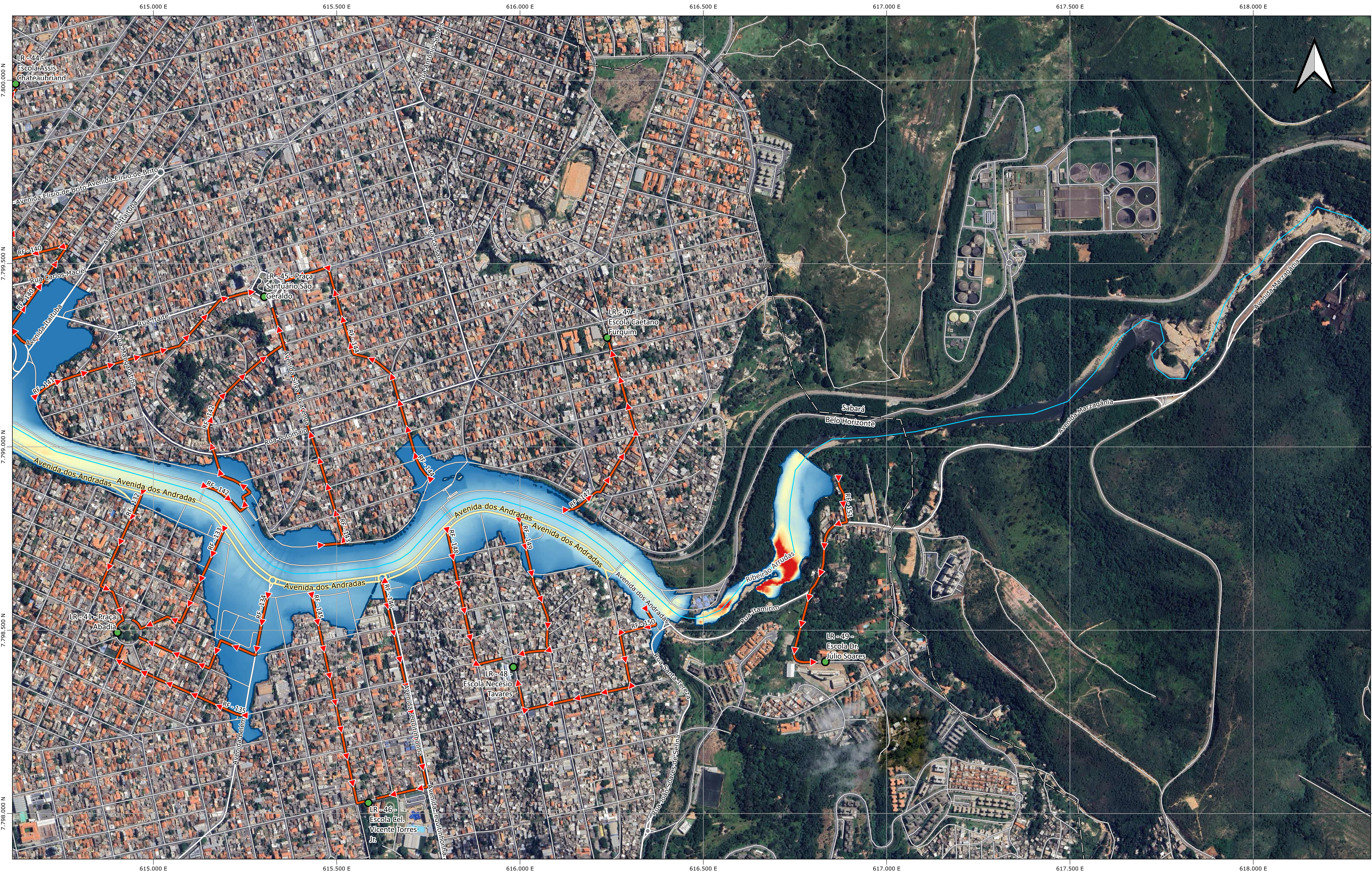
Nº HYDROS: SM1013-OJC-03-009

REV.: A

ESCALA: 1:5.000

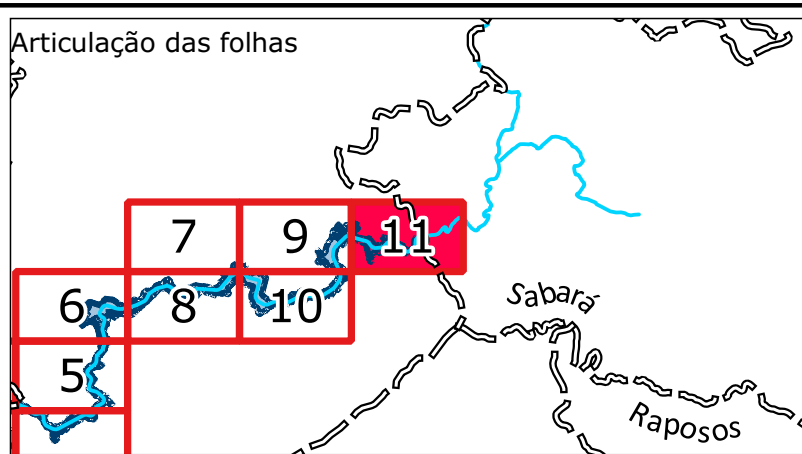
APROV.: H.U.

Nº SMOBI:



A	EMIÇÃO INICIAL	B.H.	H.U.	NOV / 24
REV.	DISCRIMINAÇÃO	ELAB.	APROV.	DATA

- Legenda:
- Limite Municípios
 - Barragem
 - Hidrografia
 - Zona de Autossalvamento
 - Mancha de Inundação
 - Local de Refúgio (Ponto de Encontro)
 - Rota de Fuga
 - Rodovias Principais
 - Rodovias Secundárias
 - Avenidas, Ruas, pontes e demais acessos
- Risco Hidrodinâmico
- 0
- =>60



- Referências:
- SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA: SIRGAS 2000; PROJEÇÃO UTM, ZONA 23S.
- 1 - IBGE/DGC. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA, AO MILIONÉSIMO - BCIM 2016: 5ª VERSÃO DIGITAL. RIO DE JANEIRO, 2016.
- 2 - IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. BASE CARTOGRÁFICA CONTÍNUA 1:250.000. RIO DE JANEIRO, 2017.
- 3 - © OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. OPENSTREETMAP.ORG/COPYRIGHT.
- 4- GOOGLE INC. GOOGLE.COM/MAPS.



PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA
BARRAGENS OLARIA, JATOBÁ E CAMARÕES

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE
MANCHA DE INUNDAÇÃO DA ONDA DE RUPTURA
FOLHA 11/11

DATA: 11/2024	PROJ.: B.H.	Nº HYDROS: SM1013-OJC-03-012	REV.: A
ESCALA: 1:5.000	APROV.: H.U.	Nº SMOBI:	

DECLARAÇÃO DE ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

Competência: 1º semestre / 2024

Empreendedor: Município de Belo Horizonte

Nome da Barragem: Camarões

Classificação da barragem: Classe A

Município/UF: Belo Horizonte/MG

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto ao IGAM ou órgão ou entidade competente que foi elaborado o Plano de Ação de Emergência da estrutura acima especificada em conformidade com as normas ou atos administrativos normativos vigentes.

São Paulo, 04 de abril de 2025.



Hideaki Ussami

Engº Civil - Nº do registro no CREA 0600361799/SP

LEANDRO
CESAR
PEREIRA:
08012044617

Assinado digitalmente por LEANDRO
CESAR PEREIRA:08012044617
DN: C=BR, O=CP-Brasil,
OU=VideoConferencia,
OU=18517917000123, OU=Secretaria da
Receita Federal do Brasil - RFB, OU=RFB
e-CPF A1, OU=(sem brinco), CN=LEANDRO
CESAR PEREIRA:08012044617
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: sua localização de assinatura
aqui
Data: 2025-04-22 17:03:29
Foxit Reader Versão: 9.7.1

Leandro César Pereira – CPF: 08012044617
Secretário Municipal de Obras e Infraestrutura



PREFEITURA MUNICIPAL
DE BELO HORIZONTE

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que o Volume VI Plano de Ação de Emergência do Plano de Segurança da Barragem do Córrego Camarões, elaborados pela empresa de consultoria Hydros Engenharia, no âmbito do Contrato DC 0045/2023, foram verificadas pela fiscalização de contrato e atendem às exigências de conteúdo mínimo, conforme preconizado pela Portaria IGAM 008/2023.

Belo Horizonte, 02 de abril de 2025

Eng.^a Ana Paula Fernandes Viana Furtado – BM 115.648-7
Fiscal do Contrato DC 0045/2023
Diretoria de Gestão de Águas Urbanas – DGAU/SMOBI



Documento assinado digitalmente

ANA PAULA FERNANDES VIANA FURTADO

Data: 02/04/2025 06:34:14-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>