

Plano de Ação de Emergência: Barragem de Santa Lúcia

PAE da Barragem de Santa Lúcia

Belo Horizonte, 2022

Equipe:

Nilo de Oliveira Nascimento – professor titular, coordenador do estudo, EHR-UFMG

Luiz Rafael Palmier – professor titular, EHR-UFMG

Julian Cardoso Eleutério – professor adjunto, EHR-UFMG

Deyvid W. Barreto Rosa – engenheiro civil, mestre, doutorando

André Rocha da Silva – engenheiro ambiental, mestre, doutorando

Vanessa Lucena Cançado – economista, doutora

SUMÁRIO

1	Introdução	9
2	Apresentação e objetivo do Plano de Ação de Emergência, PAE.....	9
3	Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação	9
4	Descrição geral da barragem e estruturas associadas, incluindo acessos à barragem e características hidrológicas, geológicas e sísmicas.....	16
4.1	Localização e acesso	16
4.2	Características hidrológicas da Barragem Santa Lúcia	17
4.3	Características geológicas e sísmicas da Barragem Santa Lúcia.....	19
5	Instrumentação e Equipamentos	20
6	Classificação das situações de emergência em potencial conforme Nível de Resposta	21
6.1	Breve discussão sobre as situações de emergência	21
6.1.1	Evento pluvial extremo.....	21
6.1.2	B. Erosão regressiva (piping) e problemas estruturais nos maciços, em suas fundações e nas ombreiras.....	23
7	Fluxogramas das Notificações e por Nível de Resposta	25
8	Responsabilidades no Plano de Ação de Emergência – PAE (empreendedor, Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE, equipe técnica e Defesa Civil)	35
8.1	Coordenador do PAE	35
8.2	Empreendedor	37
8.3	Equipes Técnicas.....	38
8.4	Grupo de Combate e Salvamento (Defesa Civil)	40
9	Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da Zona de Autossalvamento - ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados	42
10	Zona de Autossalvamento - ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados	54
11	Uso do solo, população exposta e análise de vulnerabilidade das áreas potencialmente afetadas ..	56
11.1	Indicadores de ameaça, exposição, vulnerabilidade e risco de inundação: referencial conceitual, material e métodos	56
11.2	Estimativas de edificações e moradores atingidos.....	58
	Índice de Risco Material (IRM), Índice de Risco Humano (IRH) e Índice de Criticidade (IRC)	61
11.3		61
11.4	Tempos de Chegada das Inundações	64
11.5	Infraestrutura Socioeconômica	66
11.6	Rede Viária.....	71
12	Sistema de alerta, setorização do alerta, rotas de fuga e pontos de encontro	74
13	Plano de Treinamento do Plano de Ação de Emergência	76
14	Meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situações de emergência em potencial	79

15	Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação.....	79
16	Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do Plano de Ação de Emergência – PAE com os respectivos protocolos de recebimento	83
	Prefeitura Municipal de Santa Luzia	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Organograma.....	10
Figura 3.2. Composição do GID e GAI.....	11
Figura 3.3. Composição do GAE.....	12
Figura 3.3. Composição do GAE.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 4.1. Localização da barragem Santa Lúcia, com a área de drenagem do seu reservatório.....	16
Figura 4.2. Área de drenagem e hidrografia da região (Fonte: BHMAP 2022).....	17
Figura 5.1. Comportas manuais instaladas nas laterais da Tulipa (Fonte: PSB Volume IV / SUDECAP, 2021). ..	20
Figura 5.2. Localização dos INAs (Fonte: Enemax e FCO, 2021). ..	20
Figura 7.1. Fluxograma de Notificações.	25
Figura 9.1. Hidrogramas de ruptura da Barragem Santa Lúcia para o cenário de galgamento.	42
Figura 9.2. Limites a montante e a jusante para simulação da onda proveniente de ruptura hipotética da Barragem de Santa Lúcia – do dique da barragem até a jusante da região urbanizada de Belo Horizonte no Ribeirão Arrudas.....	44
Figura 9.3. Modelo Digital de Terreno e área de simulação da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.	45
Figura 9.4. Recorte da região na confluência entre o Córrego Leitão e Ribeirão Arrudas com a identificação da orientação das células de modo perpendicular às vias.	45
Figura 9.5. Mapa com o uso e ocupação da Bacia do Ribeirão Arrudas com base em fotografia área elaborado a partir das ortofotos aéreas disponibilizadas pela Prodabel (Belo Horizonte) – Fonte: FCO, 2021.	46
Figura 9.6. Mapa global da região afetada pela propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.....	47
Figura 9.7. Mapa global de profundidades máximas de inundação resultantes da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.....	49
Figura 9.8. Mapa global de velocidades máximas de inundação resultantes da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.	50
Figura 9.9. Mapa global do risco hidrodinâmico da inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.	51
Figura 9.10. Mapa global de tempo de chegada mínimo da inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.....	52
Figura 9.11. Mapa global de tempo de chegada para profundidade máxima da inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.....	53
Figura 10.1. Mapa global da Zona de Autossalvamento e Zona de Segurança Secundária resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.....	55
Figura 11.1. População residente e número de domicílios na ZAS e ZSS, por grade estatística.	60
Figura 11.2. Índice de Risco Material e Índice de Risco Humano na mancha de inundação localizada na ZAS e ZSS.	62
Figura 11.3. Mapa de áreas inundáveis segundo o Índice de Criticidade na ZAS e ZSS.	63
Figura 11.4. Tempos de Chegada da Inundação, considerando as grades estatísticas localizadas na ZAS e ZSS.	65
Figura 11.5. Equipamentos urbanos, ensino e saúde, diretamente atingidos pela ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia em cenário de galgamento.	67

Figura 11.6. Atividades econômicas de médio ou grande porte, diretamente atingidas pela ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia em cenário de galgamento.	68
Figura 11.7. Atividades econômicas com potencial de concentração de um número elevado de pessoas, diretamente atingidas pela ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia em cenário de galgamento.	69
Figura 11.8. Distribuição do comprimento dos trechos viários afetados, por tipo de via.	71
Figura 12.1. Setores de alerta e evacuação e pontos de encontro.	75
Figura 12.2. Exemplos de setores de alerta e evacuação e pontos de encontro: três exemplos.	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1. Contatos do Coordenador e do Empreendedor.....	13
Quadro 3.2. Grupos de Intervenção Direta.....	13
Quadro 3.3. Grupos de Apoio Interno.....	14
Quadro 3.4. Grupos de Apoio Externo.	15
Quadro 6.1. Classificação das Emergências por Causas.	24
Quadro 8.1. Responsabilidades do Coordenador do PAE – SMOBI.	35
Quadro 8.2. Responsabilidades do Empreendedor.....	37
Quadro 8.3. Responsabilidades dos Grupos de Inspeção e Avaliação de Risco (GIAR) e de Manutenção (GM).	39
Quadro 8.4. Responsabilidades do Grupo de Operação.	39
Quadro 8.5. Responsabilidades do Grupo de Meio Ambiente.....	40
Quadro 8.6. Classificação das Emergências por Causas.	40
Quadro 11.1. Indicadores, hipótese, variáveis e índices.	58
Quadro 11.2. Principais vias afetadas pela mancha de inundação, ordenadas segundo extensão exposta ao risco.	71
Quadro 13.1. Plano de Treinamento do PAE da Barragem de Santa Lúcia: objetivos, modalidades e meios.	78
Quadro 16.1. Instituições que receberam cópia do PAE da Barragem da Pampulha.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Principais características da Barragem Santa Lúcia e seu reservatório.....	18
Tabela 5.1. Localização dos INAs (Fonte: Enemax e FCO, 2021).	20
Tabela 6.1. Critérios para a avaliação de borda livre mínima no reservatório de Santa Lúcia (Enemax e FCO, 2021).....	22
Tabela 6.2. Reservatório de Santa Lúcia: bordas livre por tempos de retorno e duração do evento pluvial de projeto (Enemax e FCO, 2021).....	22
Tabela 6.3. Reservatório de Santa Lúcia: vazões afluentes e defluentes máximas por tempo de retorno e duração do evento pluvial de projeto (Enemax e FCO, 2021).....	22
Tabela 9.1. Características do maciço e condições de ruptura da Barragem Santa Lúcia.	42
Tabela 9.2. Parâmetros da brecha de ruptura da Barragem Santa Lúcia.....	42
Tabela 9.3. Bases de dados utilizadas para construção do modelo hidrodinâmico de propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia.....	43
Tabela 9.4. Descrição das metodologias empregadas para desenvolvimento dos diferentes mapas produzidos a partir dos resultados das simulações hidrodinâmicas de propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia.....	48
Tabela 11.1. Estimativa do número de edificações, domicílios e moradores situados na ZAS e ZSS - Ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.	58
Tabela 11.2. Número de edificações situadas na ZAS e ZSS, segundo tipologia de uso do lote e zonas a jusante da barragem.	58
Tabela 11.3. Distribuição dos índices de risco, segundo classes, nas grades estatísticas situadas na ZAS e ZSS.	64
Tabela 11.4. Número de equipamentos de saúde, estabelecimentos de ensino e de atividades econômicas situados na mancha de inundação, por zona – cenário de galgamento da barragem de Santa Lúcia.	66
Tabela 11.5. Número de equipamentos de saúde, estabelecimentos de ensino e de atividades econômicas situados na mancha de inundação, por zona – cenário de galgamento da barragem de Santa Lúcia.	66
Tabela 11.6. Nome e endereço dos equipamentos de saúde e estabelecimentos de ensino situados na mancha de inundação, por zona – cenário de galgamento da barragem de Santa Lúcia.....	70
Tabela 11.7. Nome e endereço das atividades de potencial concentração de um número elevado de pessoas situadas na mancha de inundação, por zona – cenário de galgamento da barragem de Santa Lúcia.	70

PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA: BARRAGEM SANTA LÚCIA

1 Introdução

O presente documento, o Plano de Ações Emergenciais da Barragem de Santa Lúcia, elaborado pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG no âmbito do Contrato n. 14/2018 firmado entre a Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura da Prefeitura de Belo Horizonte e a Universidade Federal de Minas Gerais, é parte integrante de seu Plano de Segurança de Barragens.

2 Apresentação e objetivo do Plano de Ação de Emergência, PAE

O Plano de Ação de Emergência (PAE) da Barragem de Santa Lúcia tem por objetivos identificar situações de emergência relacionadas à estabilidade estrutural e integridade física da barragem e definir ações, responsabilidades, procedimentos e meios materiais e técnicos para minimizar danos e perdas de vida que podem decorrer de tais situações de risco.

Mais especificamente, o PAE define responsabilidades e procedimentos para:

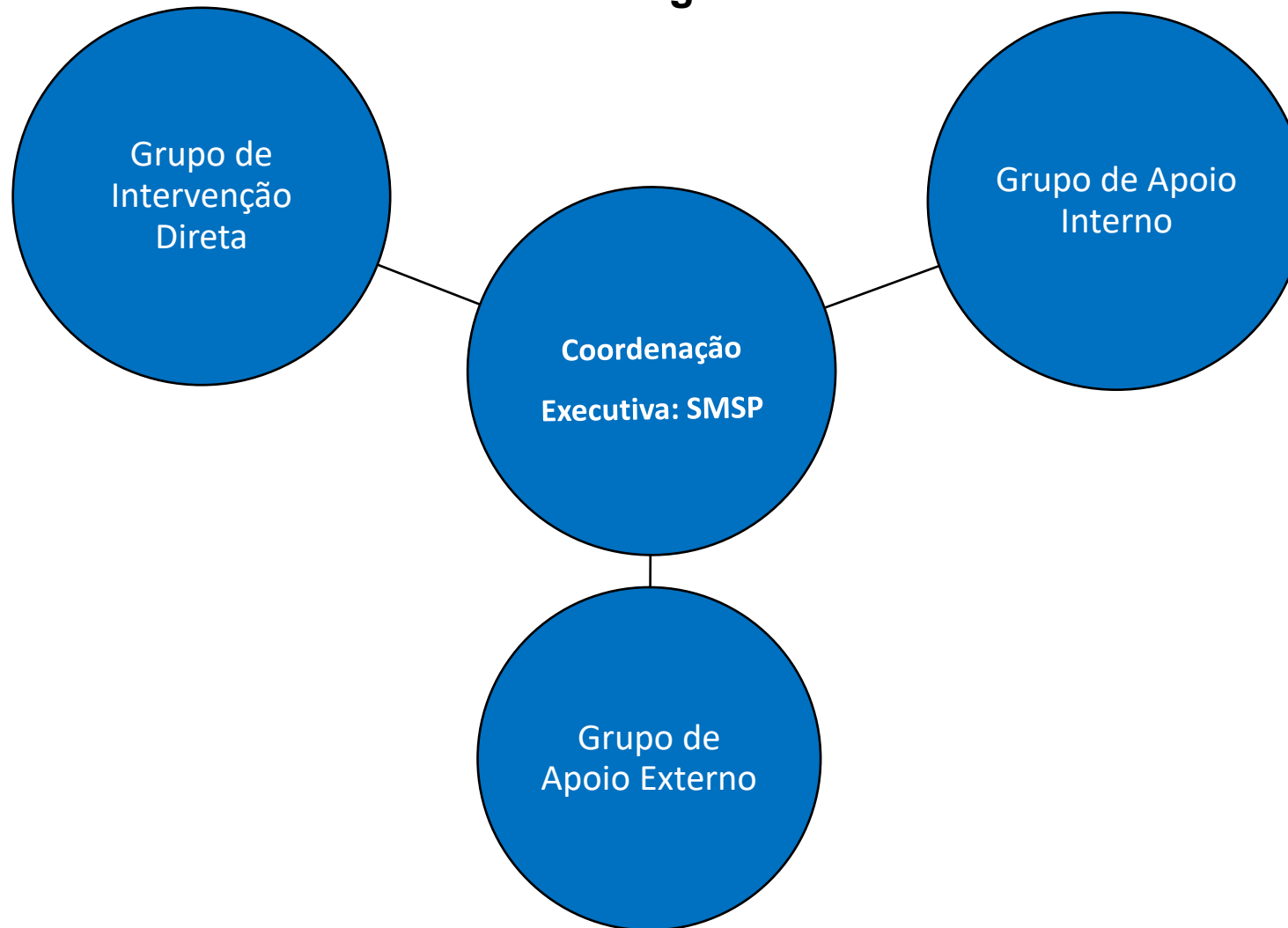
- Identificar e avaliar possíveis situações de emergência;
- Iniciar as ações corretivas e preventivas previstas em situações de emergência;
- Informar as autoridades competentes sobre situações de emergência, sua evolução temporal, correções implantadas e resultados obtidos;
- Alertar as comunidades potencialmente afetadas em situações de emergência conforme a classificação da emergência e o nível correspondente de resposta.

3 Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do Plano de Ação de Emergência – PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificação

A Figura 3.1 contém o Organograma do PAE Santa Lúcia e as Figura 3.2 e **Erro! Fonte de referência não encontrada.** a composição de cada Grupo.

Figura 3.1. Organograma.

Estrutura Organizacional



Mapeamento Institucional

Figura 3.2. Composição do GID e GAI.



Mapeamento Institucional

Figura 3.3. Composição do GAE



Do Erro! Fonte de referência não encontrada. ao Erro! Fonte de referência não encontrada. são listados os telefones de contato de entidades que compõem o Organograma do PAE.

Quadro 3.1. Contatos do Coordenador e do Empreendedor.

Posição no Organograma	Organismo	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Coordenador do PAE	SMSP	Genilson Ribeiro Zeferino	3277-4414
Empreendedor	PBH: Prefeitura de Belo Horizonte	Fuad Noman	156

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	Leonardo Gomes	3277-5299
	Gerência de Manutenção de Bacias de Controle de Cheias e Barragens - GMABC-OBI	Jaime Lourenço Lage	3277-8142
	Diretoria de Gestão de Águas Urbanas – DGAU-OBI	Ana Paula Fernandes Viana Furtado	3277-8191
Manutenção	– Subsecretaria de Zeladoria Urbana – SUZURB	Leonardo Gomes	3277-5299
	Diretoria de Infraestrutura da SUDECAP (DINF-SD)	Adriano Morato	3277-8081
Operação	SUDECAP	Henrique de Castilho Marques	3277-8001
	SUPDEC: Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil	Waldir Figueiredo Vieira	199
	SMOBI: Secretaria de Obras e Infraestrutura	Leandro César Pereira	3277-5010
	URBEL	Claudius Vinicius Leite Pereira	3277-8109/78113
	BHTRANS	Júlia Gallo	3379-5501
Combate e Salvamento	SUPDEC: Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil	Waldir Figueiredo Vieira	199
Meio Ambiente	SMMA: Secretaria de Meio Ambiente	Mario de Lacerda Werneck Neto	3246-0583
	SLU: Limpeza Urbana	Genedempsey Bicalho	3277-9333

Quadro 3.3. Grupos de Apoio Interno.

Grupo	Organismo	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Comunicação	SMAIC: Secretaria de Assuntos Institucionais e Comunicação Social	Luiz Henrique Michalick	3277- 4148
	ASCOM: Comunicação Social	Luiz Henrique Michalick	3277-4650
	Assessoria de Comunicação da SUDECAP	Adília Dalbem	3277-8004
	Assessoria de Comunicação da SUPDEC	Reger Roger Victor	3277-8864
	COP-BH: Centro de Operações	Geórgia Ribeiro	3314-7870 e 98524-2545
Assistência Jurídica	SMOBI - Assessoria Jurídica	Patrícia Figueiredo	3277-5118
	PGM: Procuradoria Geral do Município	Hércules Guerra	3277-4075
Saúde, Atendimento de Urgência e Assistência	SMSA: Secretaria Saúde	Claudia Navarro Carvalho Duarte Lemos	3277-6392
	SMASAC: Secretaria de Assistência Social, Segurança Alimentar e Cidadania	Rosilene Rocha	3277-4562/4568
Segurança	SMOBI: Secretaria de Obras e Infraestrutura	Leandro César Pereira	3277-5010
	SMSP: Secretaria de Segurança Urbana e Patrimonial	Genilson Ribeiro Zeferino	3277-4414
	GMBH: Guarda Municipal	CMDT. Rodrigo Sérgio Prates	3277-4241/ 4335/ 4455/ 9256

Quadro 3.4. Grupos de Apoio Externo.

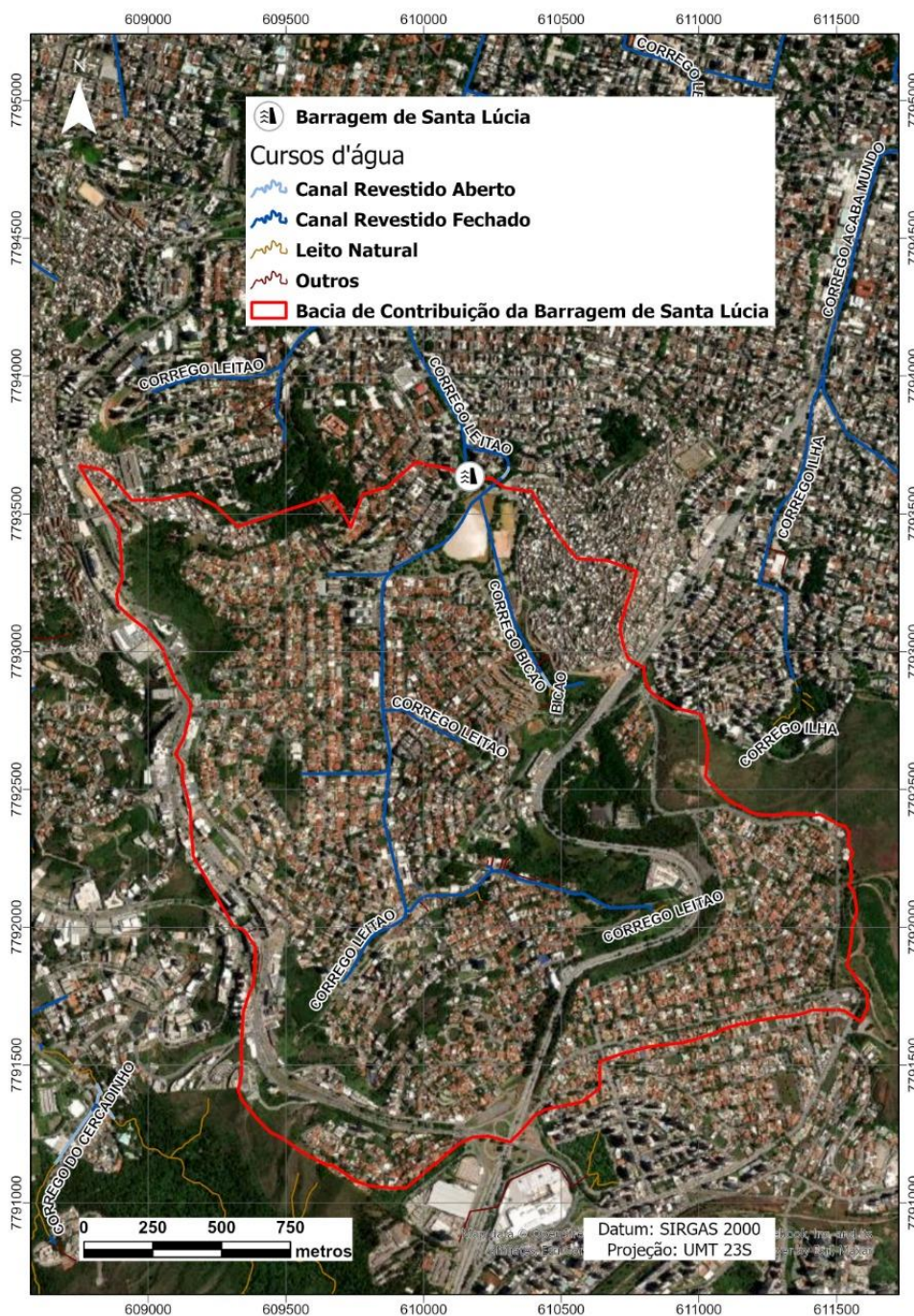
Grupo	Organismo	Nome do Responsável	Telefones de emergência
Combate e Salvamento	CEDEC: Defesa Civil do Estado de MG		99818-2400/3915-0274/3915-0998
	Corpo de Bombeiros Militar		193 ou 3379-3641/3379-3636/ 3609
Saúde e Atendimento de Urgência	Secretaria de Saúde do Estado		3215-7248/7251 ou plantão 9621-2229
	SAMU		192
Segurança Patrimonial e de Circulação Viária	Polícia Militar de Minas Gerais		190 ou 3307-0150
	Polícia Rodoviária Estadual		2123-1926/1903
	Polícia Rodoviária Federal		191 ou 3064-5385/5386
Meio Ambiente	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável	Superintendência de Estratégia e Fiscalização Ambiental	3915-1919
	Instituto Mineiro de Gestão das Águas	Núcleo de Autos de Infração	3915-1281
	Fundação Estadual de Meio Ambiente		3915-1421
Operadoras de Serviços Públicos	COPASA: Saneamento		115
	CEMIG: Energia Elétrica		116
	GASMIG: Gás		3265-1000
	Telefonia:		

4 Descrição geral da barragem e estruturas associadas, incluindo acessos à barragem e características hidrológicas, geológicas e sísmicas

4.1 Localização e acesso

A Barragem Santa Lúcia localiza-se na Regional Centro-Sul de Belo Horizonte, nas coordenadas 19°57'3,92"S e 43°56'50,34"W, com acesso ao barramento pela Avenida Arthur Bernardes, no Bairro Santa Lúcia. Tem como empreendedor o município de Belo Horizonte. Foi construída no vale do Córrego do Leitão, que deságua na margem direita do Ribeirão Arrudas que por sua vez deságua no Rio das Velhas, cuja área de drenagem está contida na bacia do rio São Francisco. O maciço, o sistema extravasor, o reservatório e a sua área de drenagem estão todos inseridos no município de Belo Horizonte. Na Figura 4.1 apresenta-se a localização da barragem Santa Lúcia, com a área de drenagem do seu reservatório e a hidrografia da região.

Figura 4.1. Localização da barragem Santa Lúcia, com a área de drenagem do seu reservatório.



Não existem informações precisas sobre o projeto e a construção da barragem original. Em consulta a documentos de referência, conforme detalhado no PSB (Volume 1), a barragem foi projetada em 1953 pela SERMECSO para o DNOS, antigo proprietário e responsável pela barragem, e foi construída em 1956 pela Construtora A. Rodrigues, tendo como objetivo amortecer ondas de cheia. Ao longo dos anos foram realizadas obras no corpo da barragem e nas suas estruturas de extravasamento.

O barramento é constituído de terra homogênea, com altura máxima de 29,5m. O sistema extravasor, na sua configuração atual, é composto por 2 vertedouros operacionais, um do tipo poço-galeria e um tulipa, e um vertedouro de emergência do tipo soleira espessa ("L" vertente sobre a Avenida Arthur Bernardes). Segundo PSB (Volume 3) a capacidade de descarga máxima do sistema extravasor é de aproximadamente 130m³/s (para elevação de 904,5 m). Considerando a configuração atual, as principais características da barragem, do reservatório e do sistema extravasor são apresentadas na Tabela 4.1.

4.2 Características hidrológicas da Barragem Santa Lúcia

A bacia hidrográfica do reservatório da Barragem Santa Lúcia possui área de drenagem de aproximadamente 4,4 km², abrangendo os bairros do Belvedere, Santa Lúcia, São Bento, Vila Barragem Santa Lúcia e Vila Paris e porções limítrofes de outros bairros como Olhos d'Água, Mangabeiras, Estoril, Alpes, Ápia, Luxemburgo, Santo Antônio, Santa Rita de Cássia e Sion, em Belo Horizonte. A área de contribuição é ocupada predominantemente por áreas urbanizadas, com baixas permeabilidades. Os cursos d'água que alimentam o reservatório são o Córrego Leitão e o Córrego Bicão (Figura 4.2).

Figura 4.2. Área de drenagem e hidrografia da região (Fonte: BHMAP 2022).

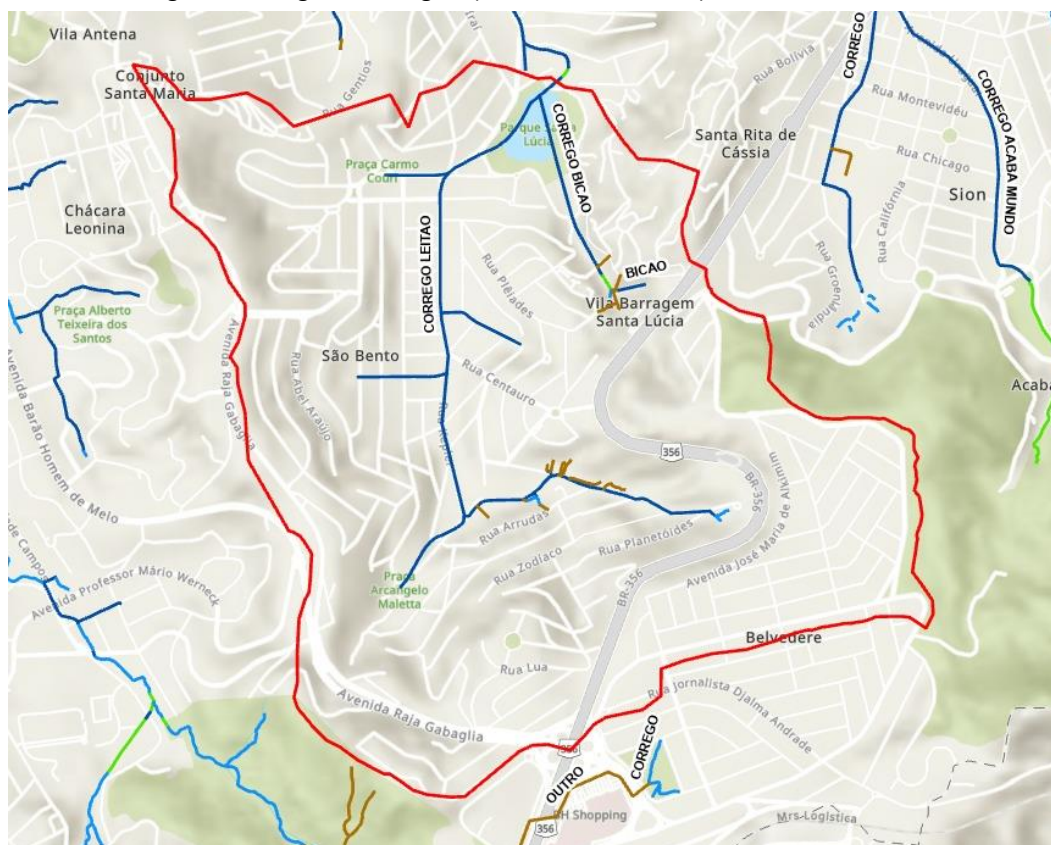


Tabela 4.1. Principais características da Barragem Santa Lúcia e seu reservatório.

Barragem	
Finalidade atual	Controle de cheias/Paisagística
Ano de início de projeto e construção/ano de inauguração	1953/1956
Tipo	Terra homogênea
NA normal (m)	Elevação 903 m
Crista da barragem	Elevação 904,5 m
Altura máxima do maciço	29,5 m
Largura da crista	42,63 m
Comprimento da crista	115 m
Inclinação dos taludes	Montante: 1V:2H Jusante: 1V:2H
Reservatório	
NA máximo <i>maximorum</i>	Elevação 904,5 m
NA normal	Elevação 902,95 m (TR 2 anos)
Área inundada (NA normal)	29.740 m ²
Volume (NA normal)	43.958 m ³
Área de drenagem do reservatório	4,4 km ²
Vertedouro de emergência	
Tipo	Soleira espessa “L” vertente (sobre avenida Artur Bernardes)
Número de vãos	1
Cota da soleira	Elevação 903 m
Largura de soleira	40 m
Capacidade de vazão	113,99 m ³ /s (Elevação 904,5 m)
Período de retorno	2 anos
Tipo de dissipação	Natural
Vertedouro operacional 1	
Tipo	Tulipa
Dimensões	0,60m x 1,20 m (largura x altura) galeria de 1,47mx1,34m (largura x altura)
Número de vãos	8 Os vãos controlados por comporta acoplados à estrutura da tulipa não foram considerados para os cálculos de capacidade de descarga
Cota da soleira	Elevação 900,81 m
Capacidade de vazão	10,39 m ³ /s (Elevação 904,5 m)
Período de retorno	2 anos
Tipo de dissipação	Natural
Vertedouro operacional 2	
Tipo	Poço-galeria
Seção	Poço 0,50 m x 0,50 m (largura x altura) Galeria 1,20 m x 1,00 m (largura x altura)
Número de vãos	1
Cota da soleira	Elevação 900,17 m
Capacidade de vazão	8,74 m ³ /s (Elevação 904,5 m)

4.3 Características geológicas e sísmicas da Barragem Santa Lúcia

Dada a escassez de informações sobre o projeto e a construção da Barragem Santa Lúcia, destaca-se a ausência de documentação sobre ensaios de campo e laboratório relativos aos materiais constituintes do maciço da estrutura da época da construção. O PSB traz compilado do Diagnóstico da Situação Atual (BFLC-SL-RE-001-1) elaborado pela DAM Projetos de Engenharia em 2004 e resultados de sondagens complementares realizadas mais recentemente. São disponíveis resultados para: 3 sondagens a percussão realizadas em 1988 no corpo da barragem e um poço de inspeção para retirada de amostras indeformadas; 8 sondagens a percussão e um poço de inspeção em 1992; 2 sondagens a percussão realizadas em 2004 com o objetivo principal de localizar os níveis freáticos; 2 sondagens a percussão e 2 blocos de amostra indeformada do maciço da barragem feitos em outubro de 2021.

Com base nos levantamentos mais antigos, foi identificado que o maciço apresenta um SPT bastante variável, com valores entre 4 e 25 golpes (média de 8 golpes), indicando um aterro parcialmente compactado. Os ensaios triaxiais realizados com amostras indeformadas do aterro forneceram os seguintes parâmetros médios de resistência, em termos de tensões totais: Coesão de 20 kPa; Ângulo de atrito interno de 13,50°. Ressalta-se, no entanto, que não foram identificados registros dos boletins das sondagens que foram consolidadas, nem de relatórios dos ensaios de laboratório que foram utilizados nas análises de estabilidade. Também não há indicação do local em que as amostras ensaiadas foram retiradas. Devido à ausência de informações sobre essas campanhas de investigação geotécnicas realizadas em 1988, 1992 e 2004, foi realizada a campanha de investigações complementares em outubro de 2021 para melhor caracterização dos parâmetros geotécnicos do barramento.

Ensaio de granulometria das duas amostras indeformadas do maciço na campanha de 2021 indicaram que o material é composto predominantemente por areia (~40%), argila (34%), silte (23%) e uma parcela de pedregulho (3%). Os ensaios de limites de consistência indicam LL entre 37% e 46% e IP entre 10% e 17%. Os corpos de prova (CPs) indicaram comportamento não-drenado no material ensaiado, devido à geração de poropressões durante o cisalhamento. A envoltória de resistência ao cisalhamento para tensões efetivas indicou intercepto coesivo de 19,3 kPa e ângulo de atrito de 28,0 °. O ensaio de permeabilidade indicou permeabilidade média de 6,29E-05 cm/s.

Apesar do relatório (BFL-C-SL-RE-001-1) emitido pela DAM em 2004 indicar que o sistema de drenagem interna da barragem é composto por um tapete drenante, a presença desse elemento não foi considerada no estudo atualizado apresentado no PSB, pois a posição do nível d'água aferida nas sondagens e a leitura dos indicadores de nível d'água instalados apontam que o tapete não opera corretamente.

Com base nos valores levantados e testes realizados, os estudos de estabilidade apresentados no PSB indicaram condição satisfatória de segurança da barragem Santa Lúcia. Os fatores de segurança obtidos para todas as condições de carregamento analisadas são superiores aos mínimos preconizados pelos critérios de projeto atuais. Para a verificação adicional realizada, considerando parâmetros de resistência totais para o maciço e simulando uma situação de percolação estável, para o nível máximo normal, o fator de segurança obtido foi de 1,41, superior a 1,3, estabelecido como aceitável no presente estudo. Devido a idade da barragem o adensamento provocado pelo peso próprio do aterro já deve ter ocorrido.

5 Instrumentação e Equipamentos

A barragem Santa Lúcia conta com duas comportas localizadas nas laterais da tulipa, que podem ser operadas a partir da passarela acima da tulipa (Figura 5.1). De acordo com relatos da equipe da SUDECAP, apenas uma das comportas está operacional, porém o equipamento não possui procedimento operativo e também não possui rotina de abertura ou fechamento definida ao longo do ano ou em situações anômalas.

Figura 5.1. Comportas manuais instaladas nas laterais da Tulipa (Fonte: PSB Volume IV / SUDECAP, 2021).



A instrumentação atualmente instalada na Barragem de Santa Lúcia é composta por 3 indicadores de nível d'água (INAs) tendo por objetivo monitorar a linha freática no talude de jusante da barragem (Figura 5.2 e Tabela 5.1).

Figura 5.2. Localização dos INAs (Fonte: Enemax e FCO, 2021).



Tabela 5.1. Localização dos INAs (Fonte: Enemax e FCO, 2021).

Instrumento	Cota de fundo	Cota de topo	Coordenadas Geográficas	
	(m)	(m)	Este	Oeste
IN-01A	890,16	903,48	610.183,89	7.793.633,13
IN-02A	880,73	903,51	610.174,13	7.793.627,14
IN-03A	885,74	903,77	610.165,17	7.793.621,29

6 Classificação das situações de emergência em potencial conforme Nível de Resposta

Com base no Plano de Segurança de Barragens da Barragem de Santa Lúcia (Enemax e FCO, 2021) a principal situação de emergência para a barragem está relacionada a evento pluvial extremo, oferecendo risco de galgamento da barragem.

Considerando-se eventos observados, notadamente o de 28/01/2020, eventos extremos podem resultar em erosão do trecho de rápido a jusante do vertedor de emergência. Há possibilidade, ainda, de obstrução dos vertedores e/ou danos nos órgãos extravasores¹ (vertedores e canais de rápido) com possível consequência para a estabilidade do maciço e potencial de erosão de obreiras.

As simulações hidrológicas e hidráulicas realizadas no âmbito do PSB da Barragem de Santa Lúcia indicam que o reservatório não atende ao critério mínimo de borda livre de 1,00 m já para o evento de TR = 10 anos (Enemax e FCO, 2021).

Segundo o PSB da Barragem de Santa Lúcia, os resultados de análises de estabilidade indicam condições satisfatórias de segurança. Para todas as condições de carregamento analisadas, os fatores de segurança estimados são superiores aos mínimos preconizados (Enemax e FCO, 2021). Não se antevêem, portanto, problemas de erosão interna do maciço ou riscos de outros problemas estruturais como abalos sísmicos, recalques ou colapso da fundação da barragem. Como uma das medidas para o aumento da segurança da Barragem de Santa Lúcia, ENEMAX e FCO (2021) recomendam instalar três indicadores de nível d'água no talude inferior de jusante, para o monitoramento da freática no interior do maciço.

O Quadro 6.1 contém a descrição das situações de emergência, ações para a avaliação e acompanhamento dos problemas e implantação de medidas corretivas segundo o nível de resposta.

6.1 Breve discussão sobre as situações de emergência

6.1.1 Evento pluvial extremo

Os estudos hidrológicos para a avaliação da segurança da barragem de Santa Lúcia realizados no âmbito de seu Plano de Segurança de Barragens (Enemax e FCO, 2021) foram realizados por meio de modelagem hidrológica com o emprego do modelo HEC HMS 4.8, desenvolvido pelo U.S. Army Corps of Engineers. Foram também realizados estudos de chuvas intensas para a estimativa de eventos de projeto para os eventos de tempos de retorno (TR) de 2, 10, 20, 50, 100, 200, 1.000, 10.000 anos e precipitação máxima provável (PMP). As durações críticas dos eventos de projeto foram avaliadas por meio da simulação de eventos pluviais com durações entre 15 minutos e 24 hora e trânsito de cheias no reservatório de Santa Lúcia simulado pelo método de Puls modificado, utilizando o próprio modelo HEC HMS 4.8.

Os critérios adotados para a avaliação de borda livre mínima encontram-se na Tabela 6.1.

¹ A barragem de Santa Lúcia não possui estrutura de dissipação de energia, a dissipação é natural. Os canais localizados a jusante da barragem e conectados ao descarregador de fundo, à tulipa e ao vertedor de emergência funcionam como rápidos para o barramento.

Tabela 6.1. Critérios para a avaliação de borda livre mínima no reservatório de Santa Lúcia (Enemax e FCO, 2021).

Tempo de retorno (anos)	Borda livre mínima
1.000	1,0m
10.000	Segundo Saville <i>et al.</i> (1962) com vento ordinário
PMP	Admite-se borda livre mínima nula

Os resultados das simulações obtidos em estimativas de bordas livre encontram-se sintetizados na Tabela 6.2. A Tabela 6.3 contém as vazões de pico afluentes e defluentes ao reservatório também estimadas por simulação hidrológica.

Tabela 6.2. Reservatório de Santa Lúcia: bordas livre por tempos de retorno e duração do evento pluvial de projeto (Enemax e FCO, 2021).

Duração (horas)	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 20 anos	TR 50 anos	TR 100 anos	TR 500 anos	TR 1.000 anos	TR 10.000 anos	PMP
0,17 (10')	3,65	2,93	2,64	2,23	1,90	1,26	1,05	0,58	0,44
0,25 (15')	3,43	2,62	2,27	1,91	1,44	0,94	0,78	0,36	0,31
0,50 (30')	2,94	1,71	1,32	0,60	0,82	0,47	0,35	0,11	0,03
0,75 (45')	2,57	1,23	0,96	0,68	0,70	galga	galga	galga	galga
1	2,33	1,06	0,83	0,59	0,43				
2	1,70	0,79	0,61	0,41	0,27				
3	2,06	0,79	0,64	0,45	0,34				
4	1,55	0,85	0,72	0,55	0,44				
8	2,03	1,06	0,94	0,84	0,77	0,61	0,55	0,37	0,31
14	2,84	1,32	1,21	1,09	1,03	0,89	0,85	0,71	0,66
24	3,35	1,91	1,40	1,30	1,23	1,10	1,04	0,91	0,88

Tabela 6.3. Reservatório de Santa Lúcia: vazões afluentes e defluentes máximas por tempo de retorno e duração do evento pluvial de projeto (Enemax e FCO, 2021).

Duração (horas)	TR 2 anos		TR 10 anos		TR 20 anos		TR 50 anos		TR 100 anos		TR 500 anos		TR 1.000 anos		TR 10.000 anos		PMP	
	QPA ⁽¹⁾	QPD ⁽²⁾	QPA	QPD	QPA	QPD	QPA	QPD	QPA	QPD	QPA	QPD	QPA	QPD	QPA	QPD	QPA	QPD
0,17 (10')	24,78	7,24	42,41	12,16	49,77	12,52	59,71	13,01	67,42	13,39	85,57	23,84	93,73	32,22	121,44	65,73	132,16	77,52
0,25 (15')	28,34	8,18	48,04	12,54	56,19	12,96	60,07	13,38	75,61	16,30	95,47	39,11	104,39	50,76	134,39	84,50	145,98	99,77
0,50 (30')	36,75	12,14	61,87	13,61	71,64	21,43	94,54	63,86	92,58	47,89	114,17	74,31	123,14	85,24	152,65	121,19	165,33	130,89
0,75 (45')	42,35	12,60	70,31	24,73	80,96	37,52	94,76	57,76	95,46	56,81	128,22	galga	137,75	galga	171,29	galga	184,61	galga
1	44,19	12,89	73,36	32,03	84,60	47,11	99,13	64,79	109,94	77,63	134,35		143,88		177,77		192,18	
2	44,71	13,62	73,53	50,06	84,60	63,52	98,69	80,33	109,70	92,99	134,44		144,37		178,04		191,57	
3	35,03	13,20	63,89	49,00	73,21	61,11	85,74	75,83	94,74	86,18	115,51		124,57		153,57		164,92	
4	34,20	13,79	54,96	45,45	62,59	55,08	73,76	67,89	95,46	76,69	99,71		106,73		132,01		141,62	
8	22,40	13,24	35,80	32,00	40,87	38,77	47,41	46,31	52,50	51,69	63,76	63,13	68,47	67,85	84,40	83,92	90,36	89,86
14	14,97	12,27	23,77	21,40	27,09	25,91	31,43	30,85	33,66	33,20	42,25	42,13	45,30	45,18	56,12	55,97	59,93	59,77
24	10,01	8,72	16,55	13,39	19,09	13,95	22,36	22,13	24,82	24,72	30,39	30,29	32,82	32,73	40,81	40,77	43,59	43,55
Crítica	4h		2h		2h		2h		2h		>30' e <8h		>30' e <8h		>30' e <8h		>30' e <8h	

⁽¹⁾ QPA = Vazão de pico afluente em m³/s.

⁽²⁾ QPD = Vazão de pico defluente em m³/s.

As condições de operação descritas na tabela 5.1 orientam a classificação de situações de emergência por ocorrência de evento pluvial extremo.

Eventos pluviais extremos podem conduzir a problemas estruturais relacionados aos órgãos de controle hidráulico, notadamente a galeria de drenagem das águas vertidas pelo vertedor de emergência que podem repercutir sobre a ombreira esquerda da barragem. Há uma recomendação do PSB da Barragem de Santa Lúcia para a adequação do vertedor de emergência, o que deve também incluir a verificação do funcionamento do rápido uma vez que eventos extremos podem resultar em insuficiência de captação de águas vertidas, levando ao escoamento de vazões elevadas pela encosta da ombreira esquerda.

Nota-se que os tempos de subida (tempos de pico) dos hidrogramas de contribuição ao reservatório são muito curtos, inferiores a 30 minutos, o que resulta em tempos para alerta muito curtos. Nesse contexto, a previsão meteorológica desempenha um papel essencial. É recomendável que, com o aprimoramento da previsão com a utilização de informação radar a Prefeitura de Belo Horizonte incorpore a simulação em tempo real para fins de alerta no caso da Barragem de Santa Lúcia.

Por outro lado, tendo em conta a capacidade de drenagem dos canais localizados a jusante da barragem de Santa Lúcia, o Plano de Contingência de Inundações será provavelmente acionado para o NA do reservatório superior a 903,7 m, levando à mobilização da população potencialmente atingida por uma ruptura, para situações de risco de Nível de Resposta zero, sob a perspectiva do PAE.

Segundo simulações realizadas no âmbito do PSB da Barragem de Santa Lúcia, essa cota de NA pode ser atingida para eventos pluviais com duração entre 30 minutos e 1h e tempos de retorno entre 10 e 50 anos. Há risco de inundação ao longo da Av. Prudente de Moraes para eventos de TR = 10 anos ou superiores.

6.1.2 B. Erosão regressiva (piping) e problemas estruturais nos maciços, em suas fundações e nas ombreiras

O PSB da Barragem de Santa Lúcia não menciona a erosão regressiva como um dos mecanismos de ruptura relevante. A instrumentação instalada no maciço da barragem, complementada pela instalação de três indicadores de nível d'água no talude inferior de jusante para o monitoramento da freática no interior do maciço, conforme recomendação do PSB, será suficiente para acompanhar a percolação de água e, eventualmente, detectar problemas que podem resultar em erosão regressiva.

Problemas estruturais que podem resultar em abatimento de aterro e aparecimento de trincas estão, sobretudo, relacionados ao tráfego de veículos sobre o coroamento da barragem. A atividade sísmica regional não é considerada um fator de risco significativo para a integridade e estabilidade estrutural da barragem.

A leitura da instrumentação instalada no corpo do maciço deverá ser realizada regularmente pelo Grupo de Inspeção e Avaliação de Risco (GIAR). Os valores obtidos devem ser comparados com a série histórica a cada nova leitura. Caso sejam detectadas anormalidades ou os valores estejam acima dos níveis de alerta e emergência, o GIAR deve:

- a) Informar o Coordenador do PAE a respeito da anomalia e fornecer uma avaliação preliminar do nível de emergência da situação;
- b) Solicitar ao Grupo de Manutenção (GM), a avaliação de conformidade de operação e leitura dos instrumentos;
- c) Verificar os níveis d'água no reservatório e à jusante;
- d) Verificar o funcionamento dos drenos e a eventual indicação de carreamento de sedimentos;
- e) Aumentar a frequência de leituras, acompanhamento do funcionamento dos drenos e inspeção visual do maciço;
- f) Conceber eventuais ações de manutenção e orientar o GM para que sejam empreendidas;
- g) Avaliar a eficiência das ações de manutenção e manter o Coordenador do PAE informado sobre a evolução da situação de emergência.

As erosões regressivas podem ser detectadas por inspeção visual do maciço e obreiras bem como do funcionamento dos drenos e via a leitura de instrumentos. As ações de controle incluem o uso de material argiloso, lona plástica e a instalação de filtros invertidos buscando estancar o fluxo e interromper o processo erosivo. Deve-se, igualmente, buscar abaixar o nível de água no reservatório o que, no caso da Barragem de Santa Lúcia, pode ser feito via a operação da comporta de fundo e/ou das comportas instaladas na torre de conexão hidráulica da galeria do córrego do Leitão com o reservatório. O abaixamento do NA permite reduzir o processo de piping e facilita identificar, no talude de montante da barragem, a área de concentração de fluxo que pode estar alimentando o processo.

Situações de emergência relacionadas a trincas, abatimentos de aterros, erosão em ombreiras, erosão na encosta de instalação do rápido e problemas estruturais nas estruturas de vertimento e galerias são identificadas por inspeções visuais regulares. O GIAR deve avaliar a situação de emergência e reportar essas ocorrências. O Coordenador do PAE deve ser informado, em caso de detecção de problemas dessa natureza. O GIAR deve conceber medidas reparadoras e solicitar a intervenção do GM para implantá-las. O GIAR avalia, igualmente, os resultados obtidos com as medidas reparadoras e mantém o Coordenador do PAE informado

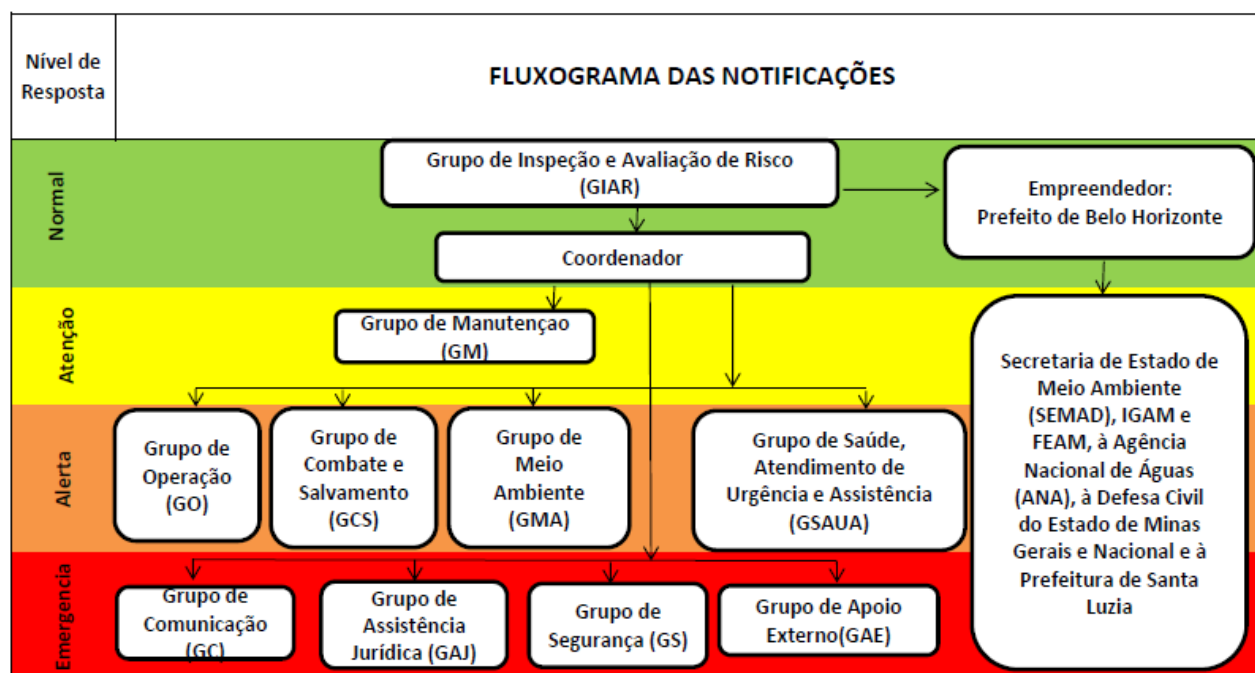
sobre a evolução da situação de emergência. Em caso de necessidade, pode-se reduzir o NA do reservatório para reduzir o risco de ruptura, conforme também discutido em situação de erosão regressiva.

Quadro 6.1. Classificação das Emergências por Causas.

Causa	Critério de Emergência	Nível de Risco da Emergência
Evento Chuvoso Extremo	Cota do Nível de Água (NA) no Reservatório Obstrução dos Vertedores	Nível 0 (Verde): $900 < NA < 903$
		Nível 1 (Laranja): $903 < NA < 904$
		Nível 2 (Vermelho): $NA > 904$
Erosão Interna – “Piping”	Leitura dos Instrumentos; Anomalias: Aparecimento de surgências; Carreamento de material sólido nos drenos; Erosão regressiva no maciço; Abatimento do aterro Aparecimento de trincas no maciço e/ou nas estruturas hidráulicas	Nível 0 (Verde): - Cotas dos Piezômetros; - Cotas dos Marcos Superficiais; -Vazão da Drenagem Interna; - Anomalia de pequenas dimensões, sem aparente evolução;
		Nível 1 (Laranja): - Cotas dos Piezômetros; - Cotas dos Marcos Superficiais; -Vazão da Drenagem Interna; -Anomalia de média dimensão, sem aparente evolução;
		Nível 2 (Vermelho): - Cotas dos Piezômetros; - Cotas dos Marcos Superficiais; -Vazão da Drenagem Interna; -Anomalia de média dimensão, com evidente evolução, ou anomalia de grande dimensão.
Abalos sísmicos de qualquer natureza	Leitura dos Instrumentos; Anomalias: Abatimento do aterro Aparecimento de trincas no maciço e/ou nas estruturas hidráulicas	Nível 0 (Verde): - Cotas dos Marcos Superficiais; - Anomalia de pequenas dimensões, sem aparente evolução;
Recalques ou colapso da fundação da barragem		Nível 1 (Laranja): - Cotas dos Marcos Superficiais; -Anomalia de média dimensão, sem aparente evolução;
Contração ou dilatação por ressecamento do solo do maciço ou das estruturas		Nível 2 (Vermelho): - Cotas dos Marcos Superficiais; -Anomalia de média dimensão, com evidente evolução, ou anomalia de grande dimensão.

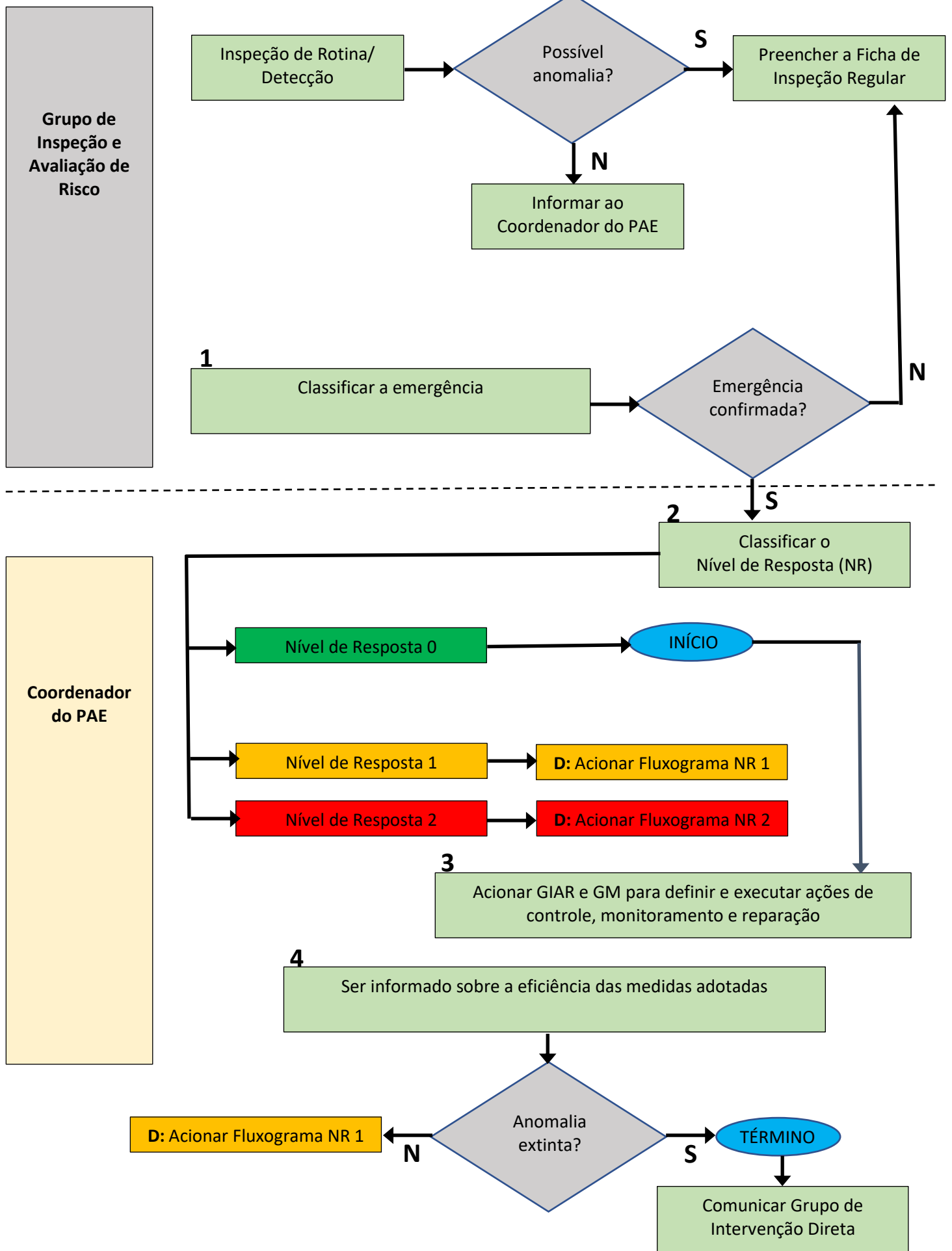
7 Fluxogramas das Notificações e por Nível de Resposta

Figura 7.1. Fluxograma de Notificações.



A seguir são apresentados fluxogramas para cada nível de resposta.

Nível de Resposta 0: Verde



Nível de Resposta 0 (página 2)

Empreendedor

1
Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

**Grupo de
Manutenção**

1
Avaliar e propor ações de controle e monitoramento

3
Solicitar
Recursos junto
ao
Empreendedor

Recursos
necessários
disponíveis?

2
Implantar ações e
informar evolução para
o Coordenador do PAE

**Grupo de
Combate e
Salvamento**

1
Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

**Grupo de
Operação**

1
Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

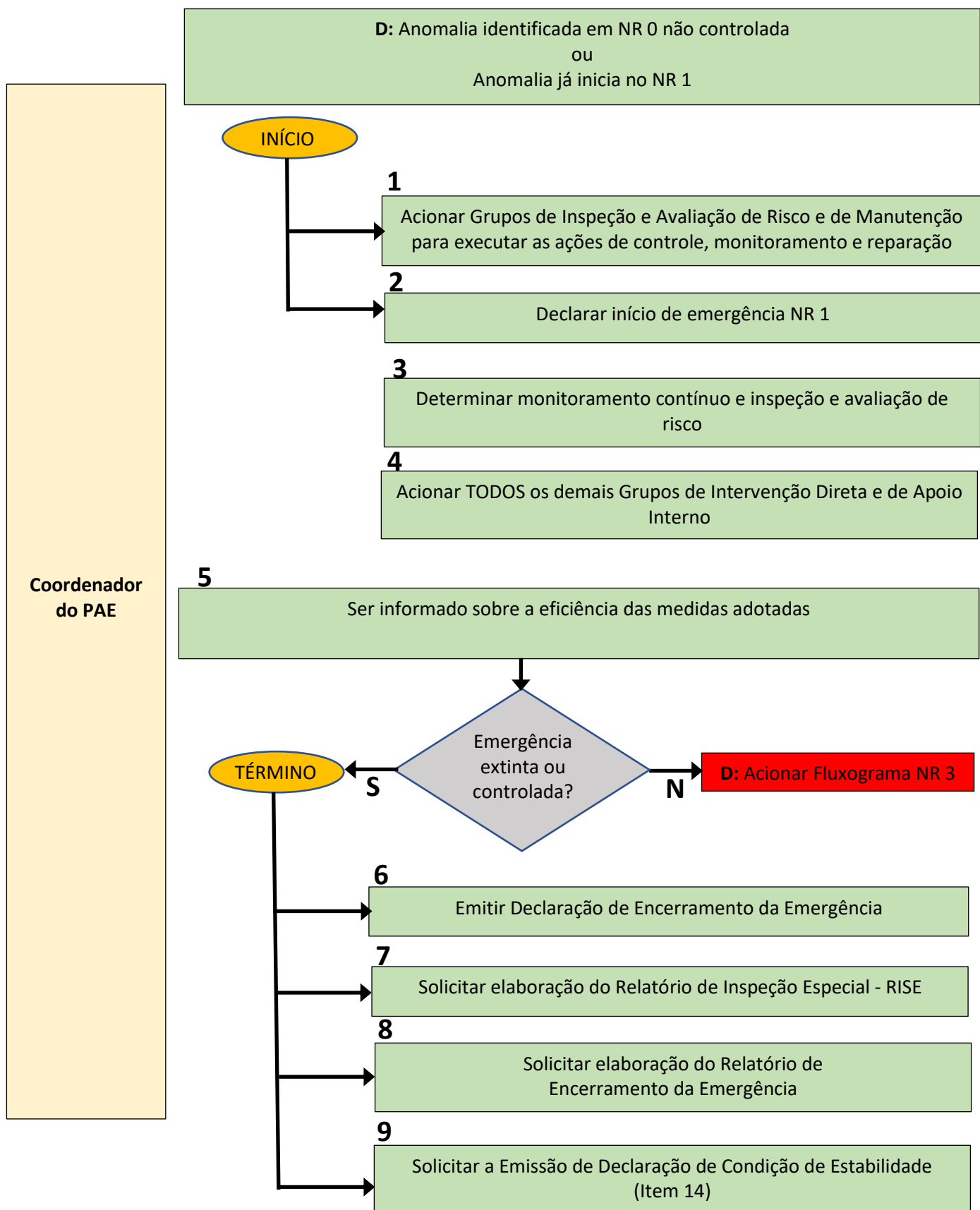
**Grupo de Meio
Ambiente**

1
Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

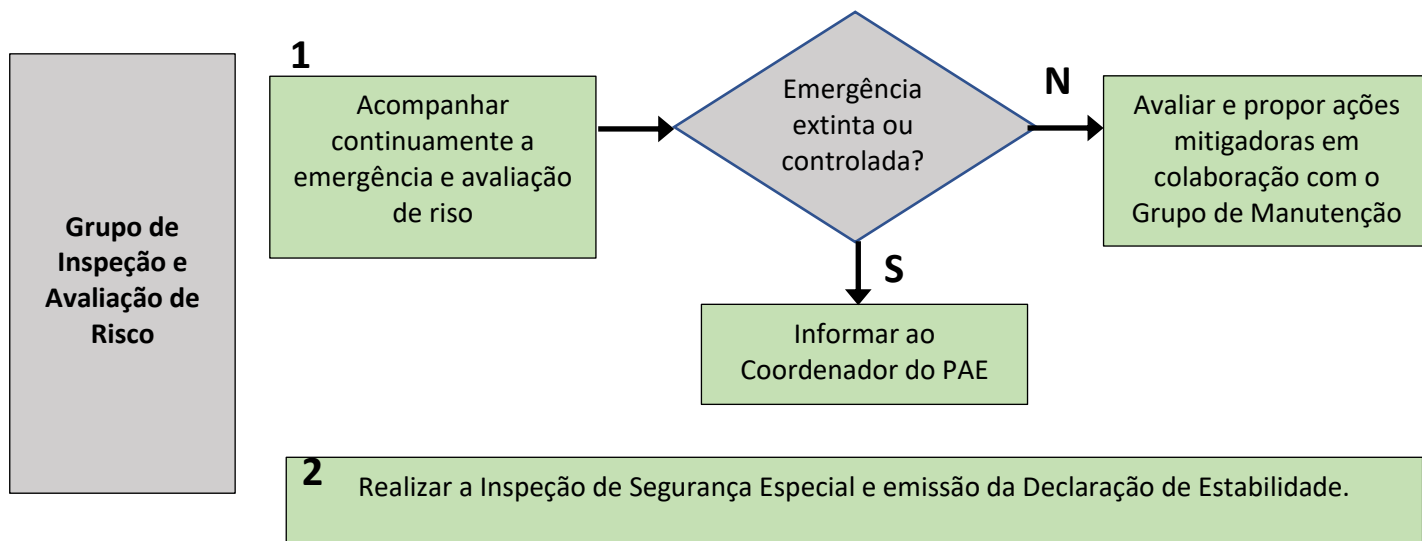
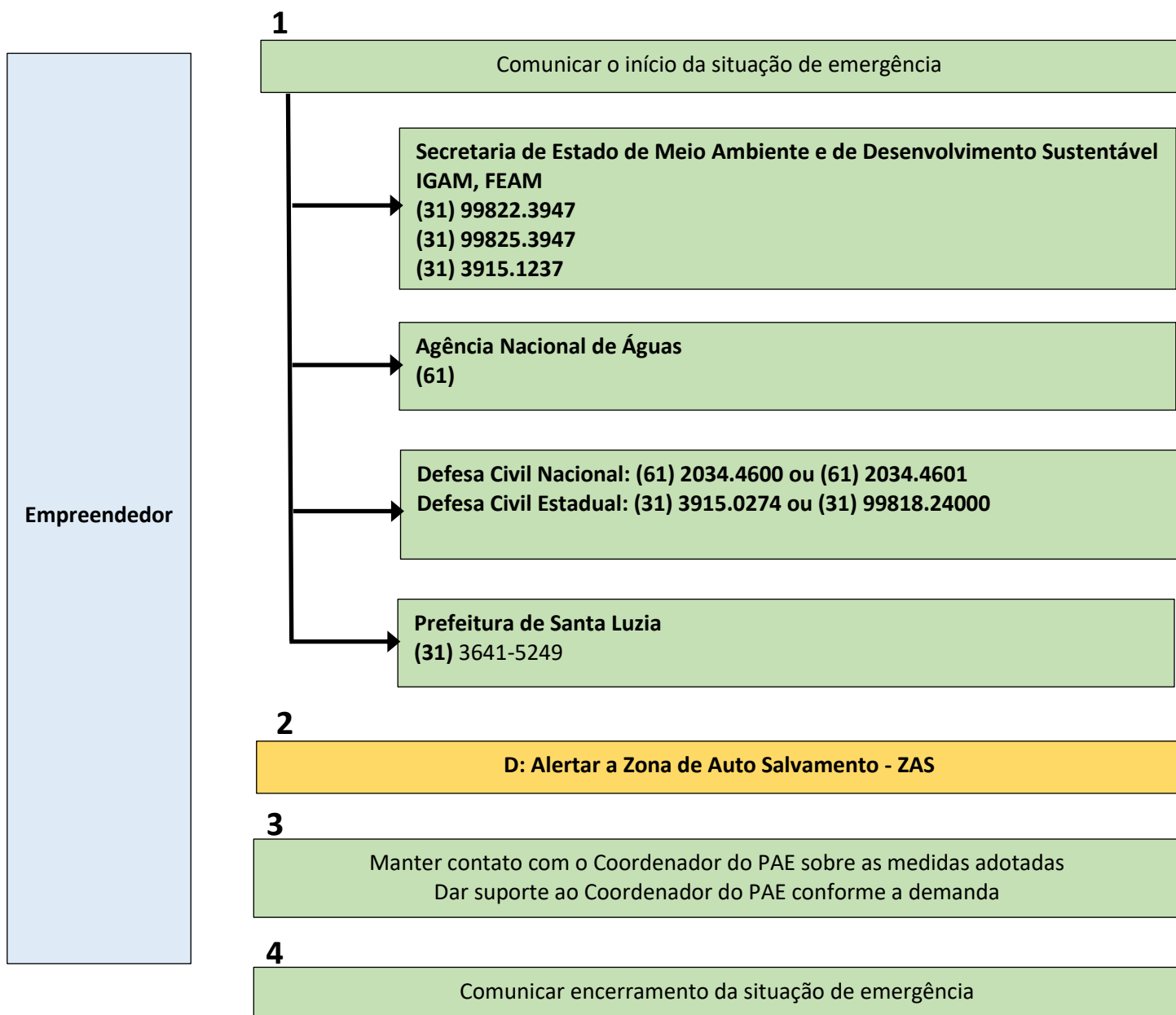
**Grupos de
Apoio Interno**

1
Dar suporte o Coordenador do PAE conforme demanda

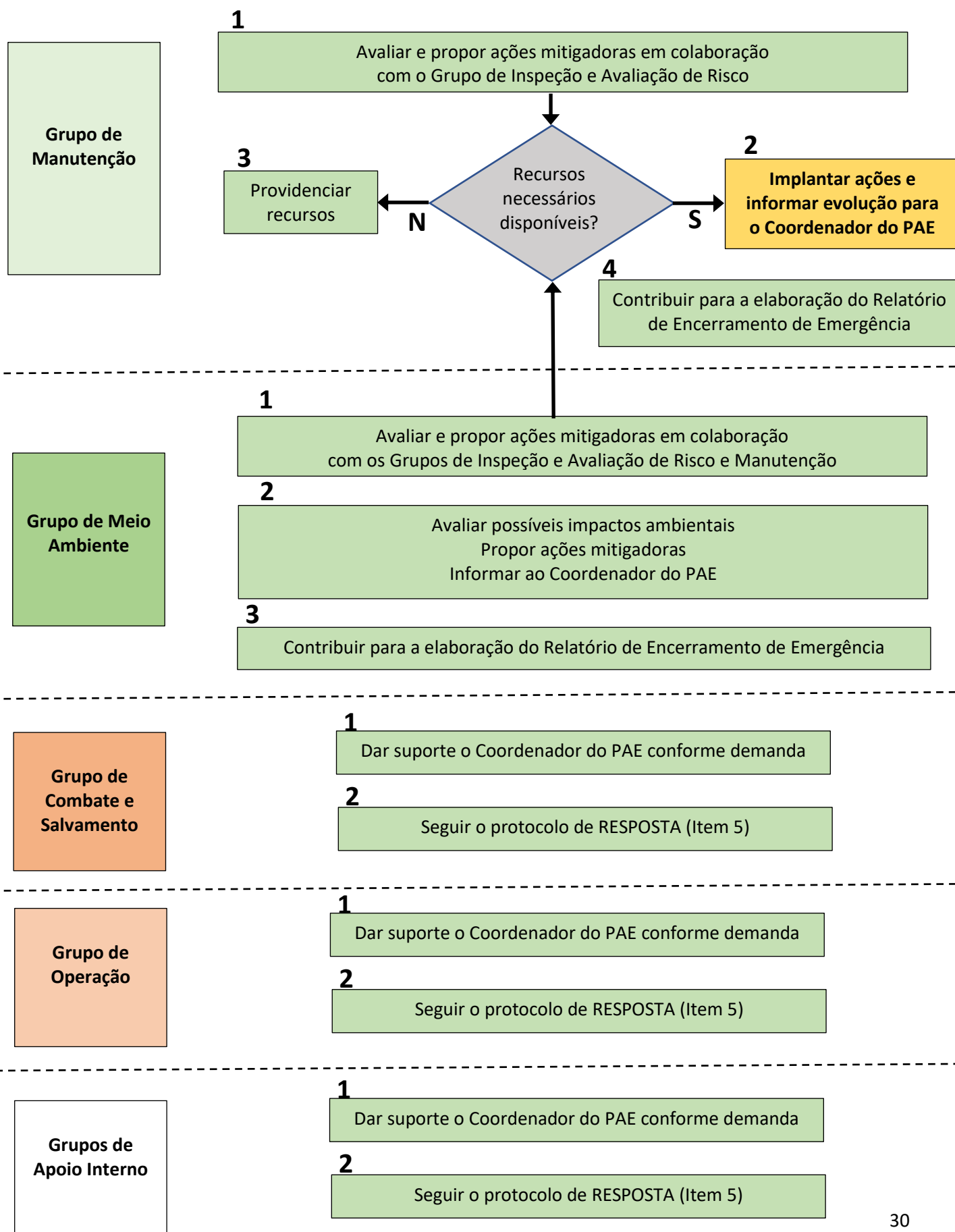
Nível de Resposta 1: Laranja



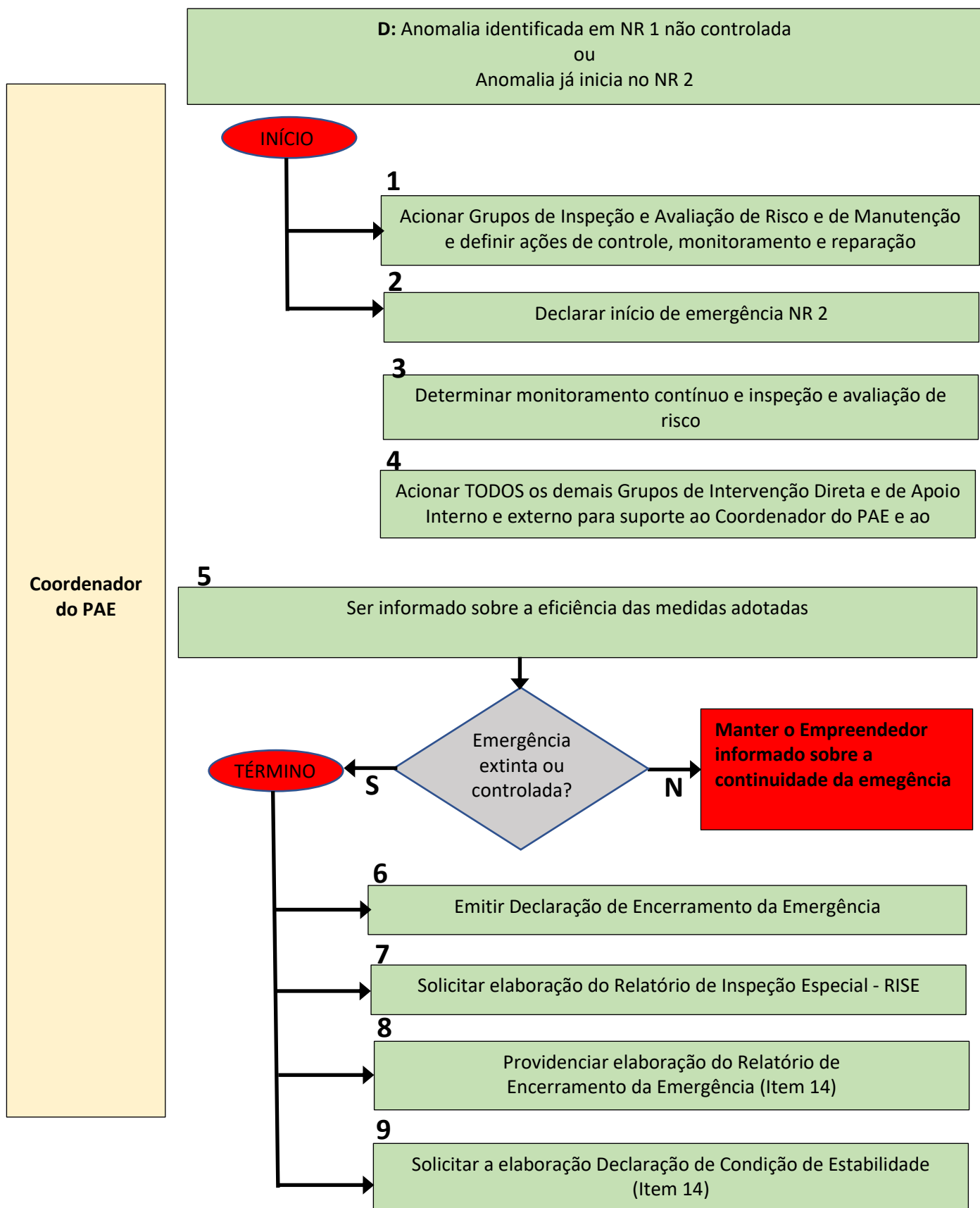
Nível de Resposta 1 (página 2)



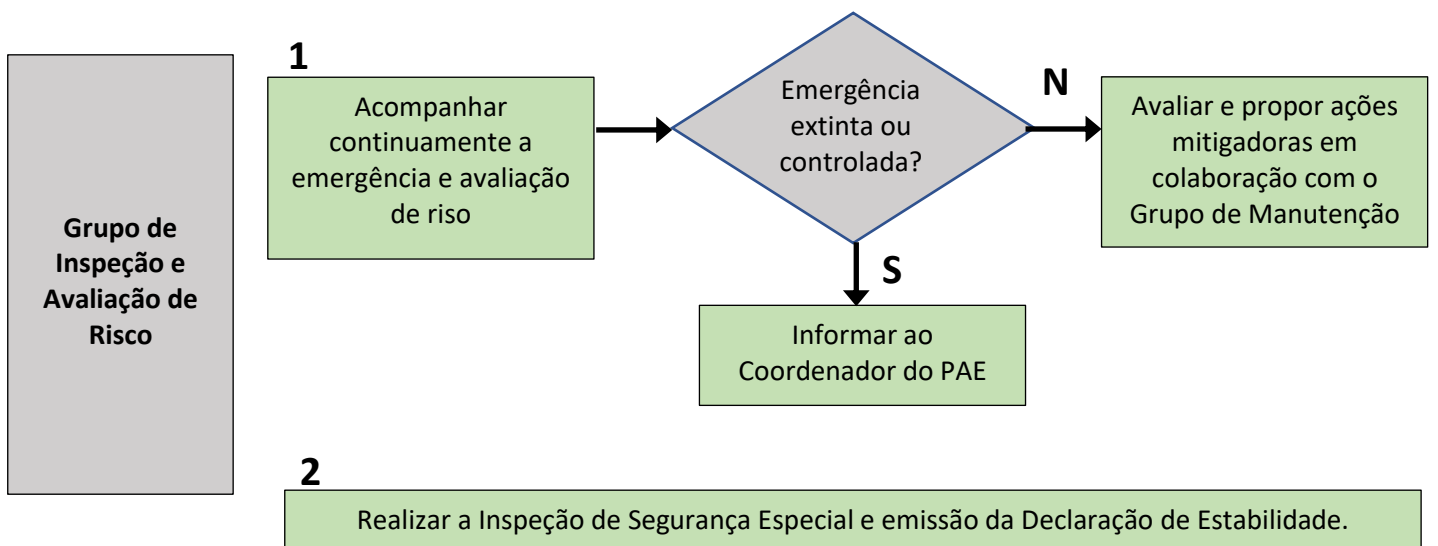
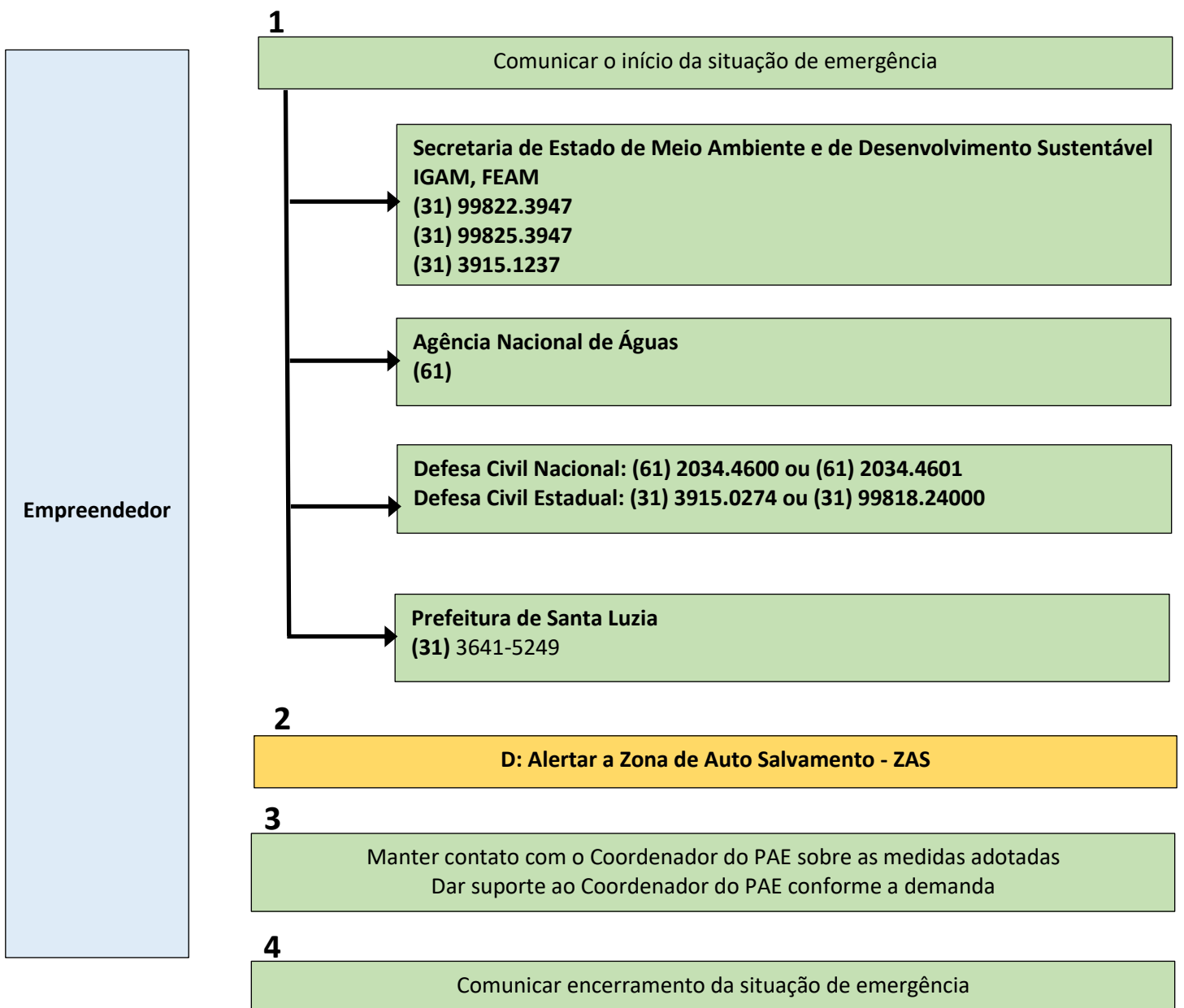
Nível de Resposta 1 (página 3)



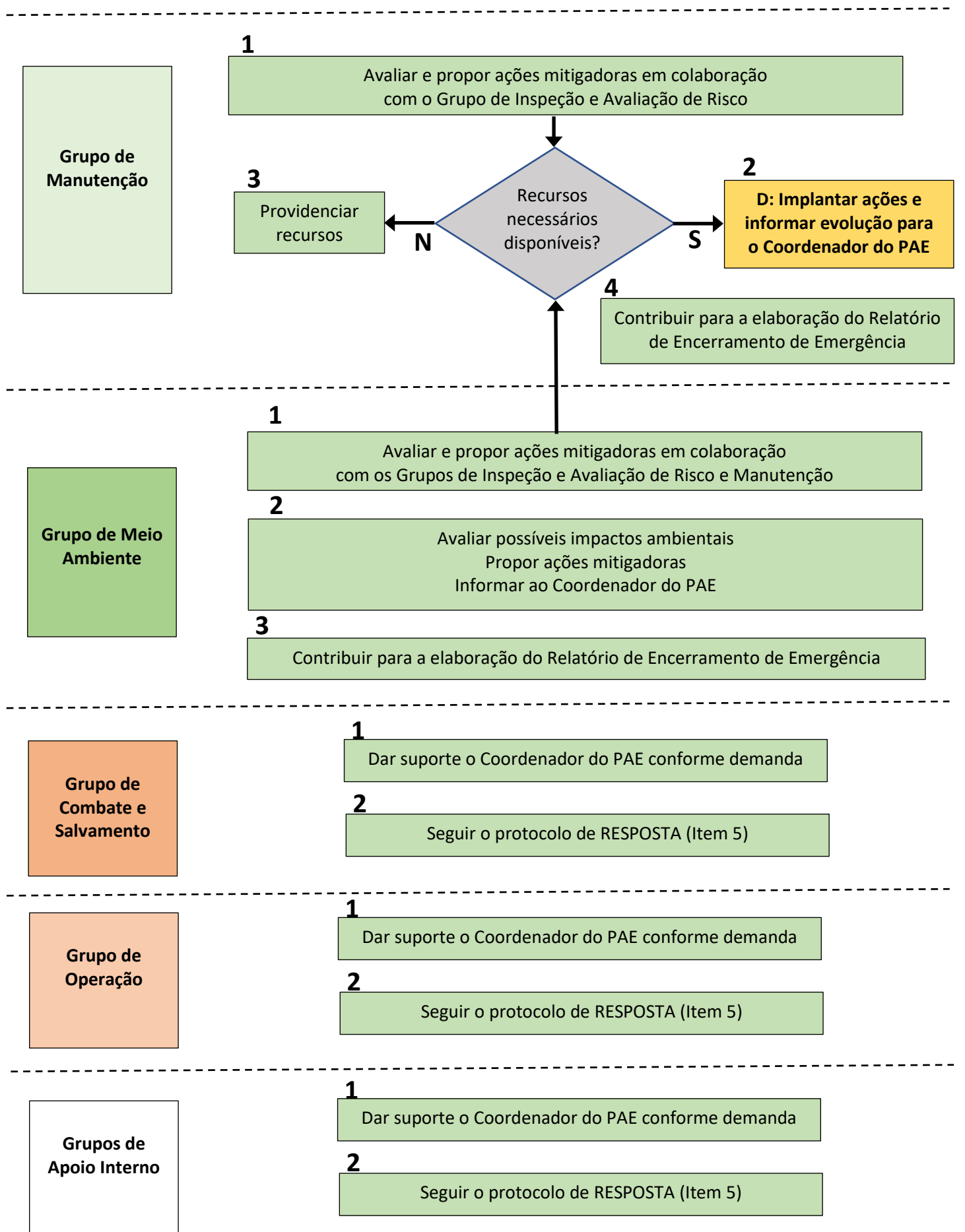
Nível de Resposta 2: Vermelho



Nível de Resposta 2 (página 2)



Nível de Resposta 2 (página 3)



D

ZAS:

EVACUAR IMEDIATAMENTE E DESLOCAR-SE PARA OS PONTOS DE ENCONTRO

8 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 de Santa Lúcia (ver figuras 2.1 e 2.2), 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, item 6 do presente documento).

8.1 Coordenador do PAE

As responsabilidades do Coordenador do PAE encontram-se listadas no Quadro 8.1.

Quadro 8.1. Responsabilidades do Coordenador do PAE – SMOBI.

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: 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 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; 5. 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.
NR 2: 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 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 os 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 e apoiar o Empreendedor no envio à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e seus órgãos IGAM e FEAM, à Agência Nacional de Águas, 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.

8.2 Empreendedor

As responsabilidades do Empreendedor encontram-se listadas no Quadro 8.2

Quadro 8.2. 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: 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 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; 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.
Nível de Resposta	Ações a empreender

NR 2: 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 os 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: 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.
------------------------------	---

8.3 Equipes Técnicas

As Equipes Técnicas do PAE da barragem de Santa Lúcia 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 Quadro 8.3 ao Quadro 8.5.

Quadro 8.3. 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 Santa Lúcia; 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 8.4. Responsabilidades do Grupo de Operação.

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 1 e 2: 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 8.5. Responsabilidades do Grupo de Meio Ambiente.

Nível de Resposta	Ações a empreender
NR 1: 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 2: 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.

8.4 Grupo de Combate e Salvamento (Defesa Civil)

As ações do Grupo de Combate e Salvamento são coordenadas e empreendidas pela SUPDEC. 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 8.6 define as responsabilidades de defesa civil no âmbito do PAE da Barragem de Santa Lúcia.

Quadro 8.6. Classificação das Emergências por Causas.

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

Nível de Resposta	Ações a empreender
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. 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.

9 Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da Zona de Autossalvamento - ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados

No âmbito deste projeto de elaboração do PAE da Barragem Santa Lúcia, foram estimados diversos hidrogramas de ruptura a partir das características do maciço, das condições de ruptura (Tabela 9.1), da aplicação de fórmulas empíricas variadas para cálculo dos parâmetros de brecha (Tabela 9.2) e execução da modelagem hidrológica no modelo HEC-HMS (Figura 9.1).

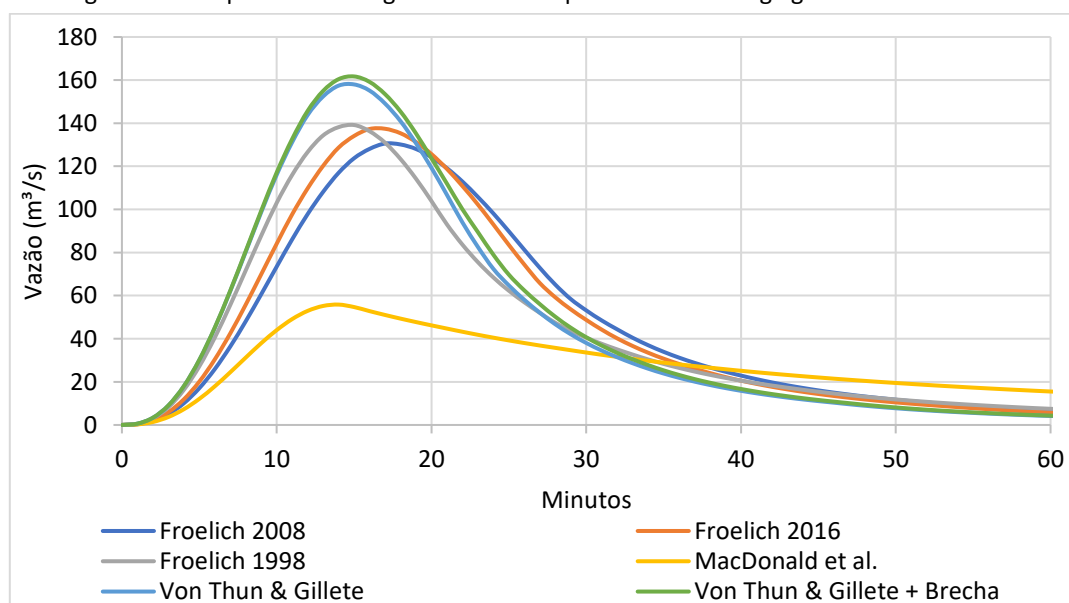
Tabela 9.1. Características do maciço e condições de ruptura da Barragem Santa Lúcia.

Parâmetro	Valor	Unidade
Elevação Crista	904,5	m
Elevação Fundo (contato com TN/Sólidos)	899	m
Volume que passa pela brecha	184	(1000) m ³
Elevação no momento da ruptura	904,5	m
Largura Crista	41,7	m
Declividade Talude Montante ¹	3	(H:1V)
Declividade Talude Jusante ¹	2	(H:1V)
Modo de falha	Galgamento	

Tabela 9.2. Parâmetros da brecha de ruptura da Barragem Santa Lúcia.

Método	Largura Inferior da brecha (m)	Declividade lateral da brecha (H:V)	Tempo de formação da brecha (h)
MacDonald et al. (1984)	1	0,5	0,23
Froehlich (1995)	9	1,4	0,34
Froehlich (2008)	13	1	0,44
Froehlich (2016)	14	1	0,42
Von Thun & Gillete (1990)	17	0,5	0,36
Xu & Zhang (2009)	8	1,14	0,7

Figura 9.1. Hidrogramas de ruptura da Barragem Santa Lúcia para o cenário de galgamento.



O hidrograma de ruptura obtido por meio da relação de Von Thun & Gillete com a adição do volume de brecha, por ser o mais conservador, foi escolhido para análise da propagação da onda de inundação.

Base de dados RAS e considerações

Para o mapeamento das áreas potencialmente inundáveis pelo trânsito da onda de ruptura na planície de inundação a jusante da barragem de Santa Lúcia, adotaram-se as informações e critérios listados nos próximos parágrafos.

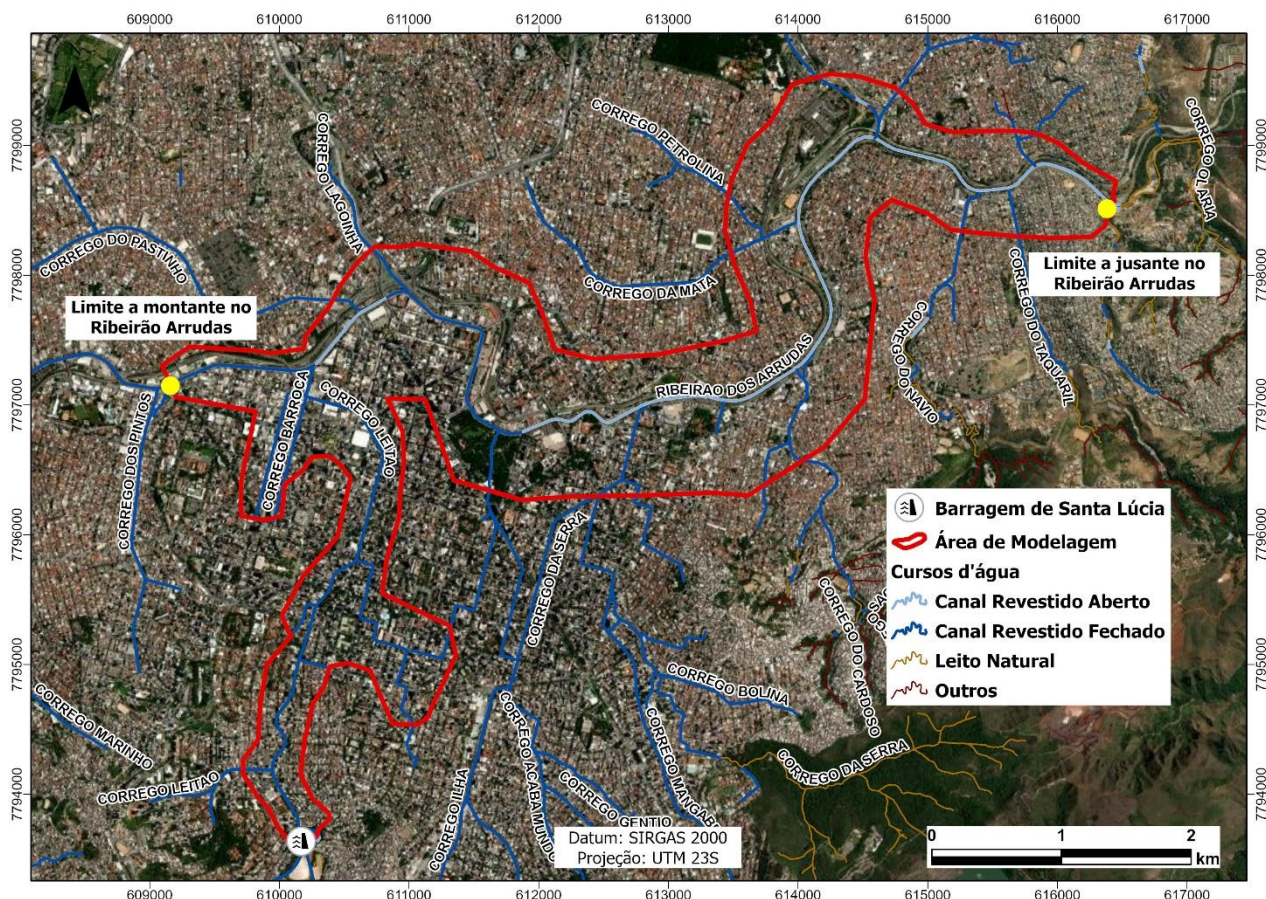
Para a **representação numérica computacional do vale a jusante da barragem Santa Lúcia**, foram utilizadas as bases de dados descritas na Tabela 9.3.

Tabela 9.3. Bases de dados utilizadas para construção do modelo hidrodinâmico de propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia.

Base de dados	Descrição/Características	Finalidade
Modelo Digital de Terreno da Prodabel	Dados altimétricos levantados por tecnologia LIDAR.	Constituição de base topográfica para construção do modelo hidrodinâmico de propagação de onda de ruptura.
Base de fotografias aéreas da Prodabel e Fundação João Pinheiro	Fotografias aéreas levantadas por tecnologia LIDAR.	Análise de uso e ocupação do solo e produção de mapas.
Base de dados de arquivos vetoriais da Prodabel	Dados de uso e ocupação do lote, vias e cursos d'água.	Análise de uso e ocupação do solo e orientação das células da malha de cálculo para propagação da onda de ruptura.
Atlas de macrodrenagem de Belo Horizonte	Dados de geometria e declividade da macrodrenagem de Belo Horizonte	Inserção da geometria dos canais no Modelo Digital de Terreno da Prodabel.

A **modelagem hidrodinâmica** desenvolvida nesse estudo se estende do dique da barragem Santa Lúcia a montante, pela Avenida prudente de Moraes, a jusante da barragem e por toda a extensão do córrego do Leitão até a confluência desse com o Ribeirão Arrudas (Figura 9.2). As condições de contorno de jusante são estabelecidas com base na simulação do trecho aberto ribeirão Arrudas a jusante do córrego Leitão. Adotou-se para a modelagem hidrodinâmica bidimensional da propagação da onda de ruptura o software gratuito HEC-RAS v.6.2 com descrição altimétrica da planície de inundação embasada nos dados descritos na Tabela 9.3.

Figura 9.2. Limites a montante e a jusante para simulação da onda proveniente de ruptura hipotética da Barragem de Santa Lúcia – do dique da barragem até a jusante da região urbanizada de Belo Horizonte no Ribeirão Arrudas.



Utilizou-se o **Modelo Digital de Terreno da Prodabel** para constituir a base topo-batimétrica utilizada no estudo (Figura 9.3). As calhas dos rios abertos foram representadas no modelo de acordo com a base de dados utilizada. Definiu-se uma malha homogênea, com células de área média equivalentes a 100 m² cada (resolução aproximada de 10 m x 10 m), para toda a área de estudo. O arquivo vetorial com as informações das vias foi utilizado para orientar a direção das células (Figura 9.4), com intuito de otimizar a solução numérica visto a ortogonalidade entre a direção do escoamento e face das células.

Adotou-se o valor do **coeficiente de rugosidade de Manning** com base no uso e ocupação do solo Figura 9.5, elaborado no relatório Modelagem hidrológica e hidráulica das inundações na bacia do Ribeirão Arrudas (FCO e UFMG, 2022-a) no âmbito do projeto no Plano de Contingência de Inundações do Boulevard Arrudas. Os valores dos coeficientes de Manning foram definidos por meio das recomendações de Arcement e Schneider (1989).

Figura 9.3. Modelo Digital de Terreno e área de simulação da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de gergamento.

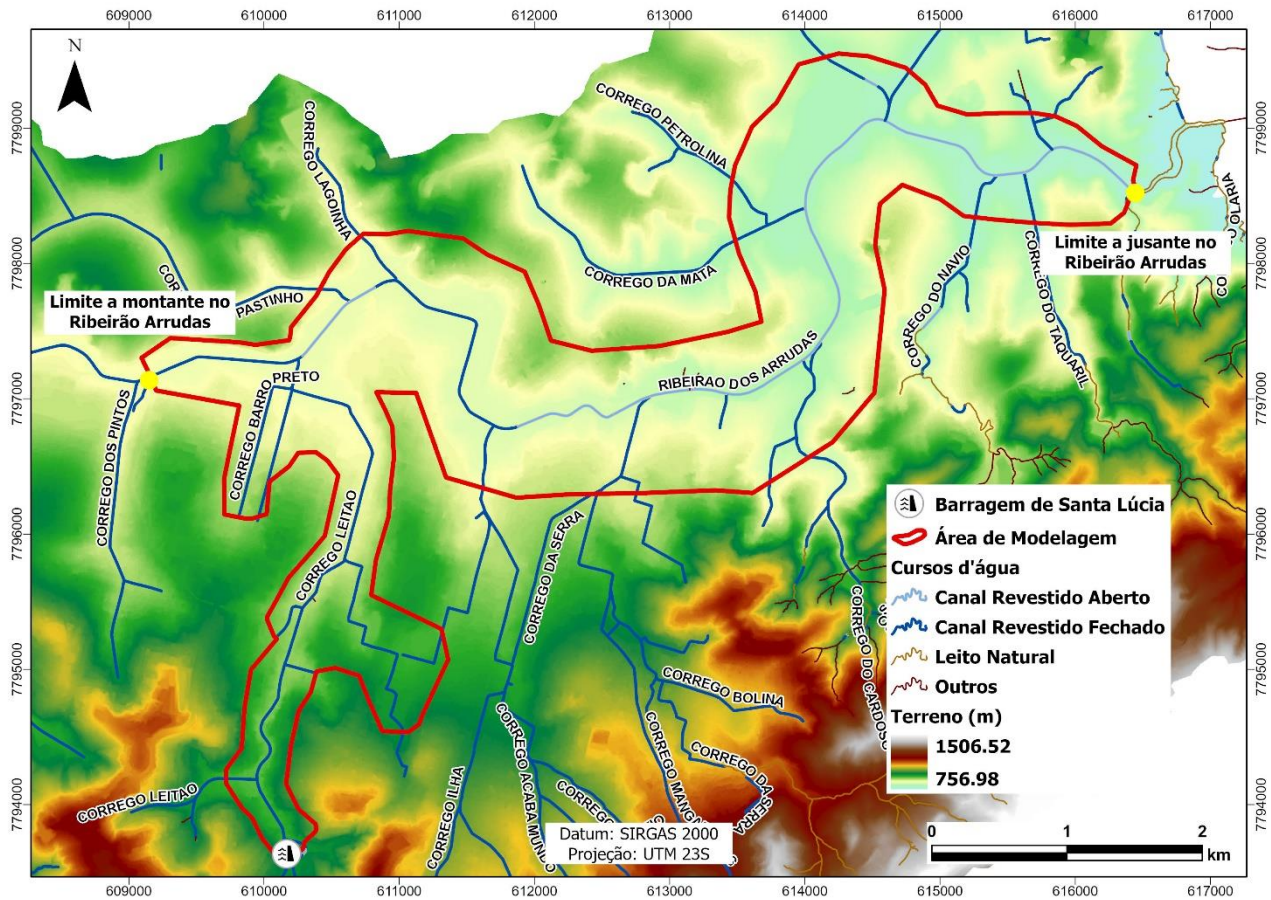


Figura 9.4. Recorte da região na confluência entre o Córrego Leitão e Ribeirão Arrudas com a identificação da orientação das células de modo perpendicular às vias.

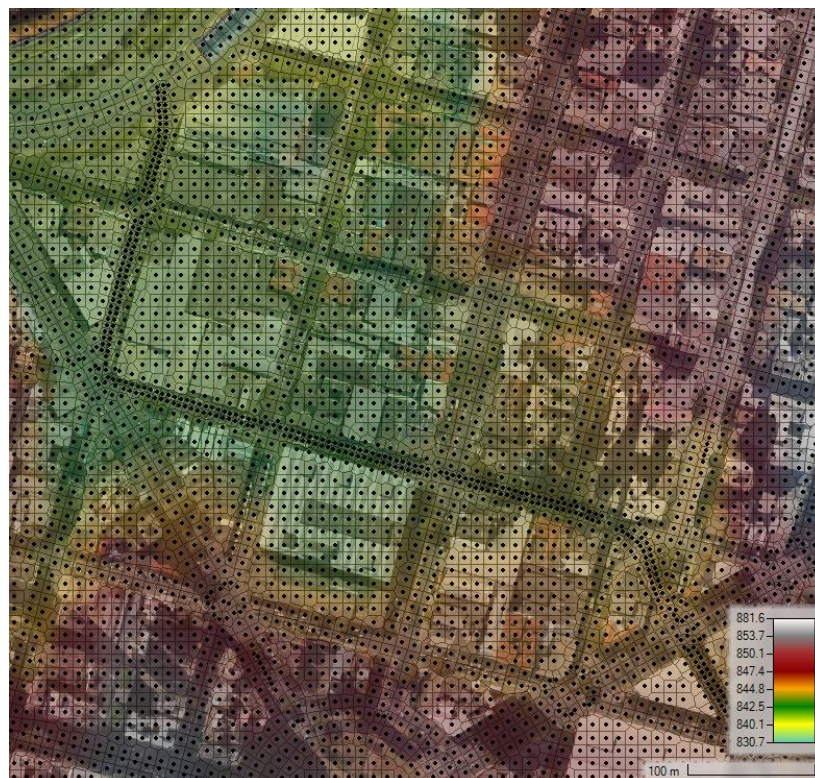
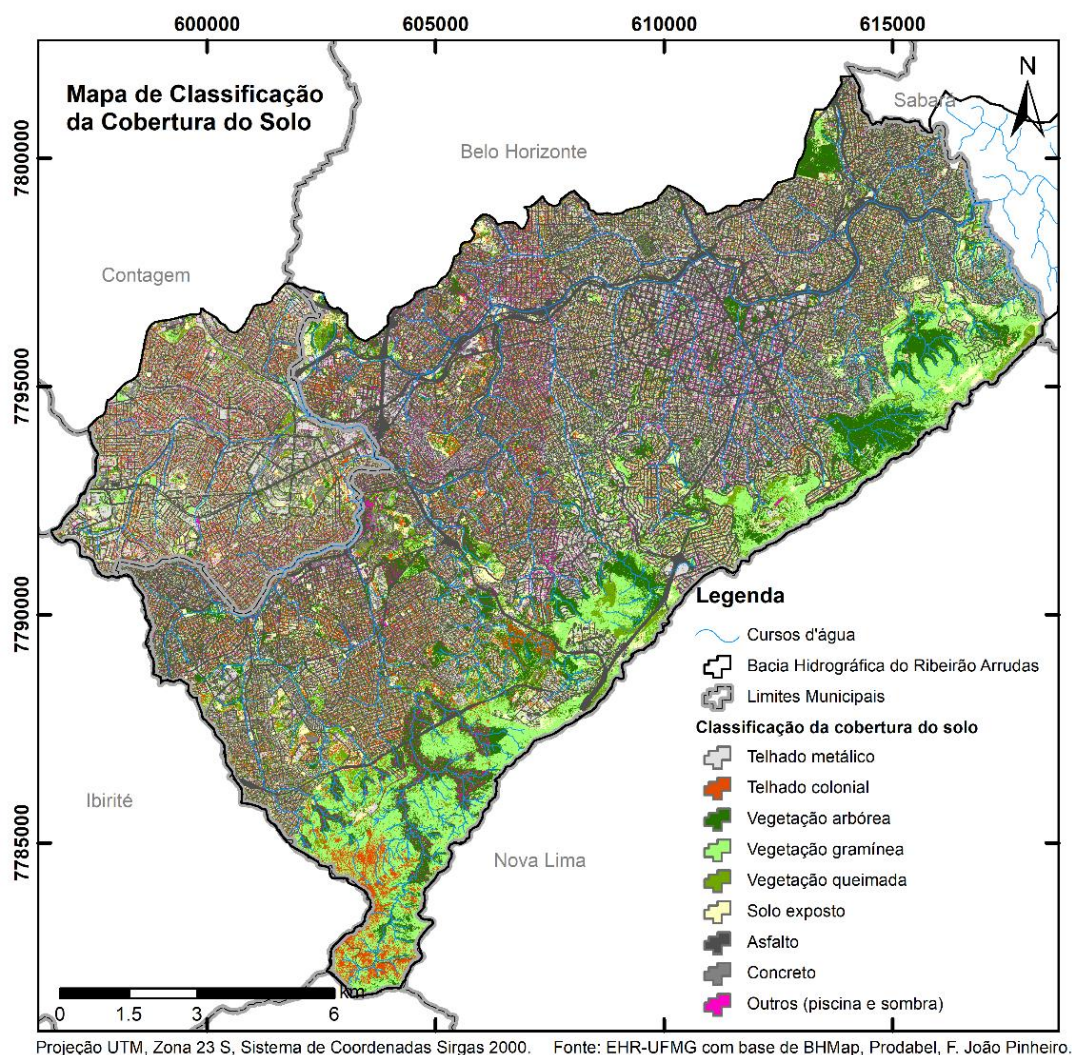


Figura 9.5. Mapa com o uso e ocupação da Bacia do Ribeirão Arrudas com base em fotografia aérea elaborado a partir das ortofotos aéreas disponibilizadas pela Prodabel (Belo Horizonte) – Fonte: FCO, 2021.



Como **condição de contorno de montante** adotou-se o hidrograma de ruptura estimado por meio de Von Thun & Gilete com a adição do volume de brecha (Figura 9.1). O hidrograma tem vazão de pico de $162 \text{ m}^3/\text{s}$ que ocorre 15 minutos após início do rompimento. A **condição contorno de jusante** foi definida como “profundidade normal de escoamento” com declividade de $0,005\text{m/m}$ na seção a jusante da região urbanizada de Belo Horizonte do Ribeirão Arrudas.

Para o Ribeirão Arrudas foi adotada, a partir da seção indicada na Figura 9.2, a vazão equivalente ao evento de período de 2 anos. As galerias revestidas fechadas foram consideradas obstruídas, logo, representando um cenário em que não há interação entre escoamento na superfície e nos canais.

Os **mapas produzidos no âmbito do presente estudo** são os listados na Tabela 9.4. O mapa geral com extensão da inundação para a área de estudos encontra-se na Figura 9.6 e os mapas das variáveis descritas na Tabela 9.4 são apresentados nas Figuras 9.7 a 10.1.

Figura 9.6. Mapa global da região afetada pela propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de gergamento.

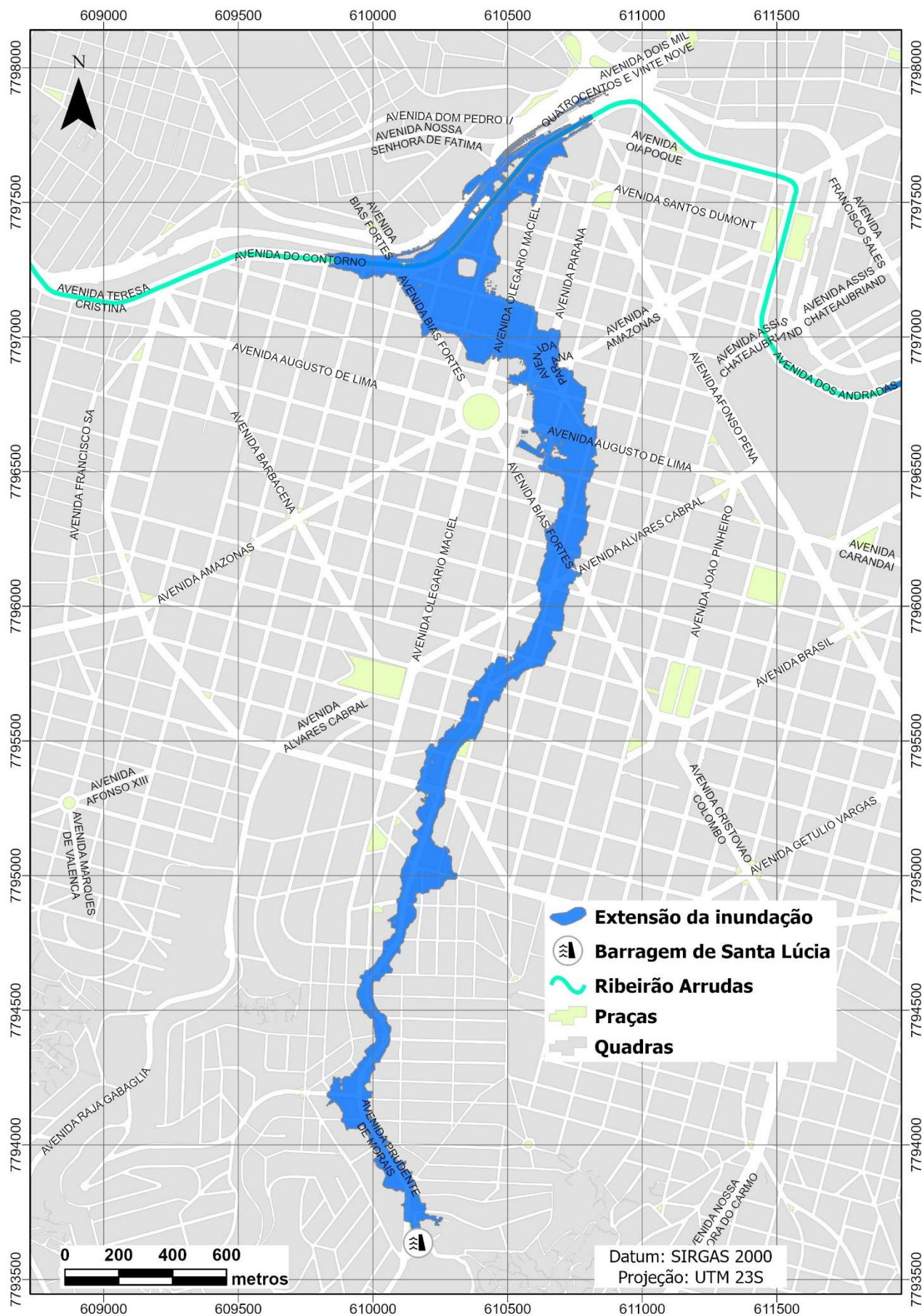


Tabela 9.4. Descrição das metodologias empregadas para desenvolvimento dos diferentes mapas produzidos a partir dos resultados das simulações hidrodinâmicas de propagação de onda de cheia proveniente de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia.

Tipo de mapa	Descrição	Metodologia de desenvolvimento
Mapa de profundidades máximas	Representa de forma espacialmente distribuída as profundidades máximas obtidas por meio de simulação hidrodinâmica para toda a área de estudo.	Mapa com cálculo das profundidades máximas pontuais atingidas durante todo o período de simulação.
Mapa de velocidades máximas	Representa de forma espacialmente distribuída as velocidades máximas obtidas por meio de simulação hidrodinâmica para toda a área de estudo.	Mapa com cálculo das velocidades máximas pontuais atingidas durante todo o período de simulação.
Mapa de perigo (profundidades máximas vs velocidade máximas)	Representa de forma espacialmente distribuída a periculosidade, obtida por meio do produto das profundidades e velocidades pontuais simuladas para toda a área de estudo.	Mapa com cálculo do produto entre profundidades e velocidades (no mesmo instante de tempo) máximas.
Mapas com tempos mínimos de chegada	Representa o tempo de chegada da onda até atingir determinado parâmetro hidráulico, seja uma profundidade, ou o tempo de chegada do pico.	Mapa com seções explicitando os tempos de chegada da onda de ruptura.
Mapas com tempos de chegada para profundidades máximas	Representa o tempo de chegada da onda até atingir determinado parâmetro hidráulico, seja uma profundidade, ou o tempo de chegada do pico.	Mapa com seções explicitando os tempos de chegada da profundidade máxima da onda de ruptura.
Mapa de zona de autossalvamento (ZAS) e de zona de segurança secundária (ZSS)	Representa, para ZAS, a região do vale a jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são de responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em emergências. Para ZSS, representa as demais regiões atingidas superficialmente pela inundação.	ZAS delimitada considerando a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos.

Figura 9.7. Mapa global de profundidades máximas de inundação resultantes da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.

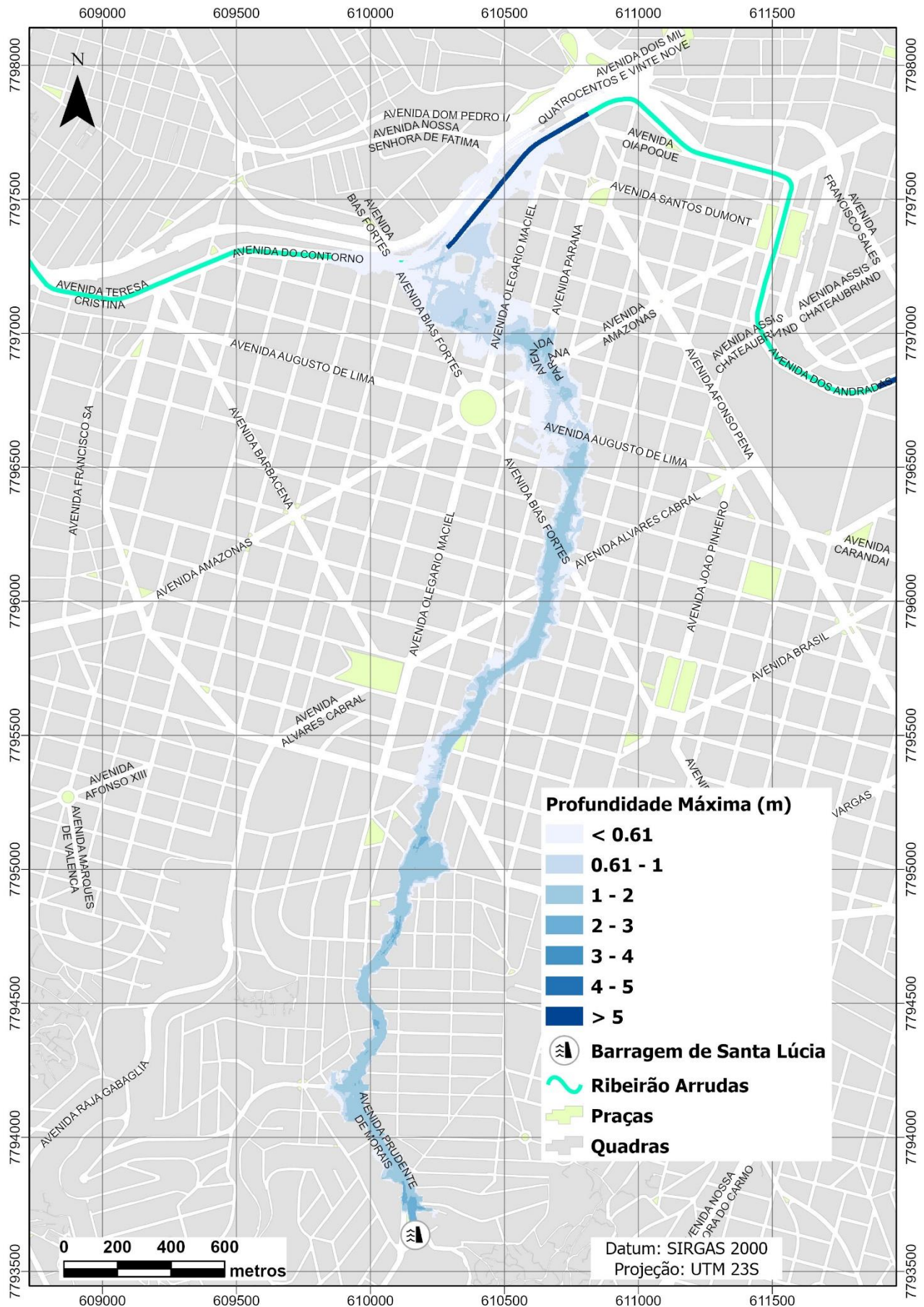


Figura 9.8. Mapa global de velocidades máximas de inundação resultantes da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.

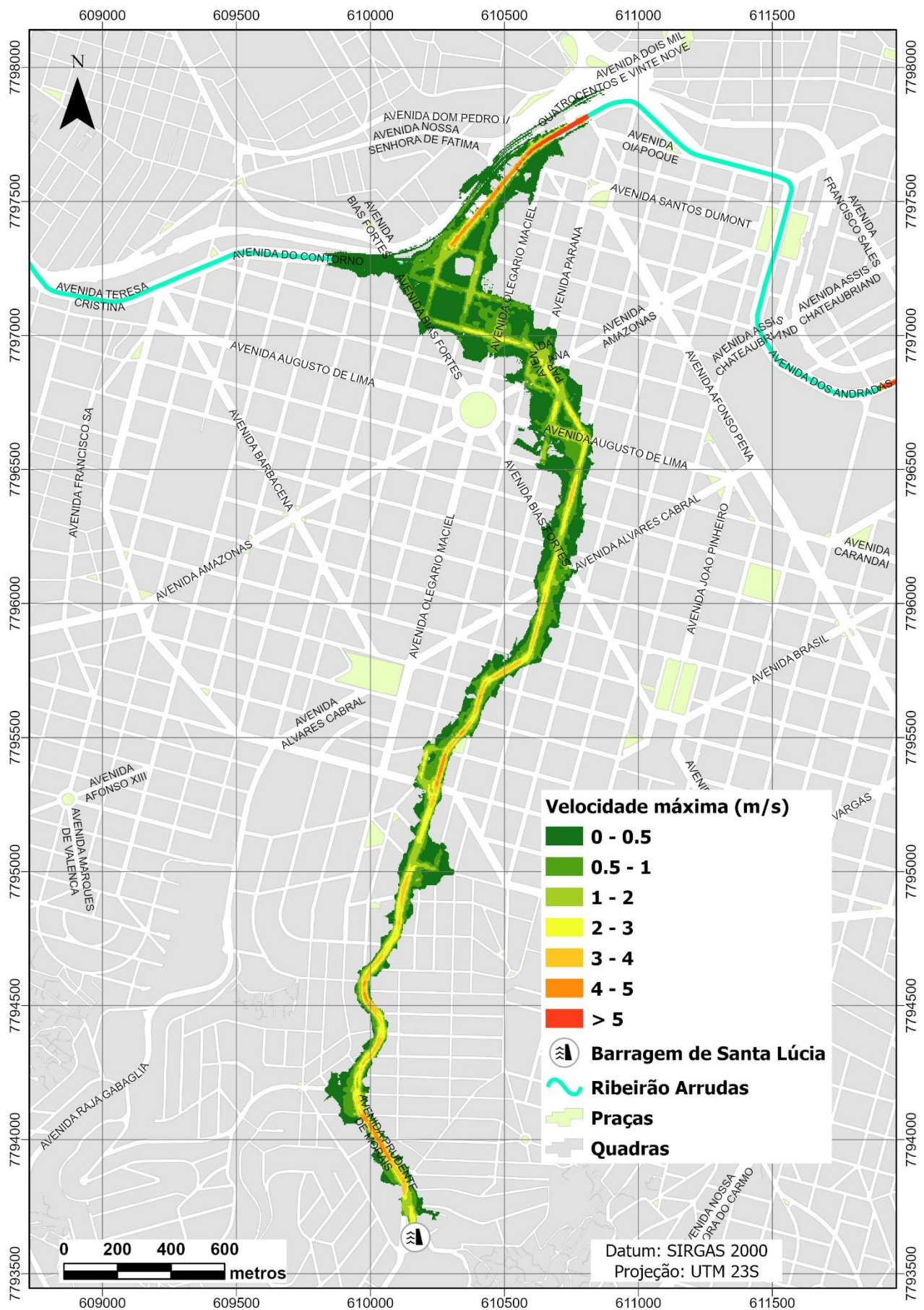


Figura 9.9. Mapa global do risco hidrodinâmico da inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.

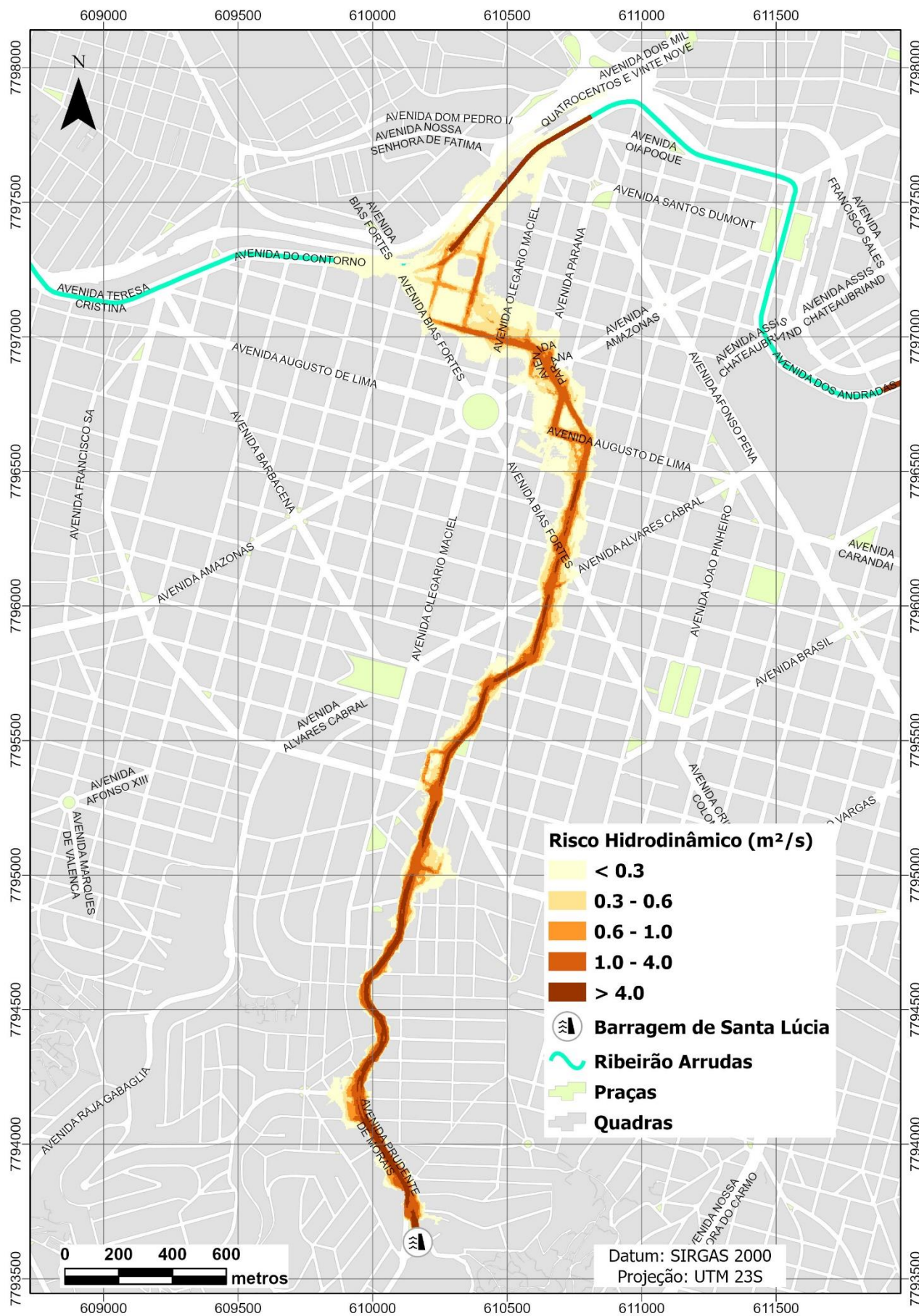


Figura 9.10. Mapa global de tempo de chegada mínimo da inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.

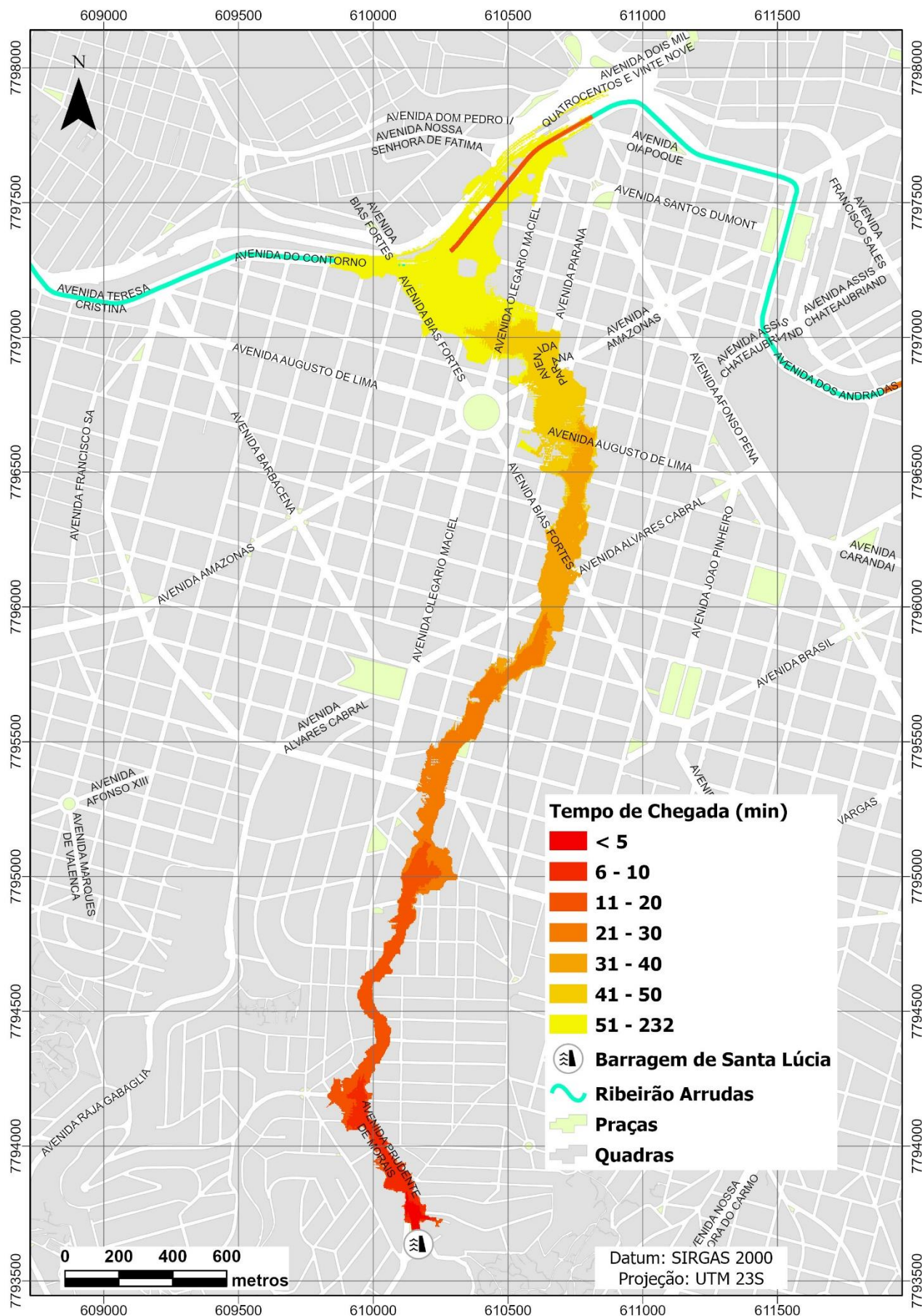
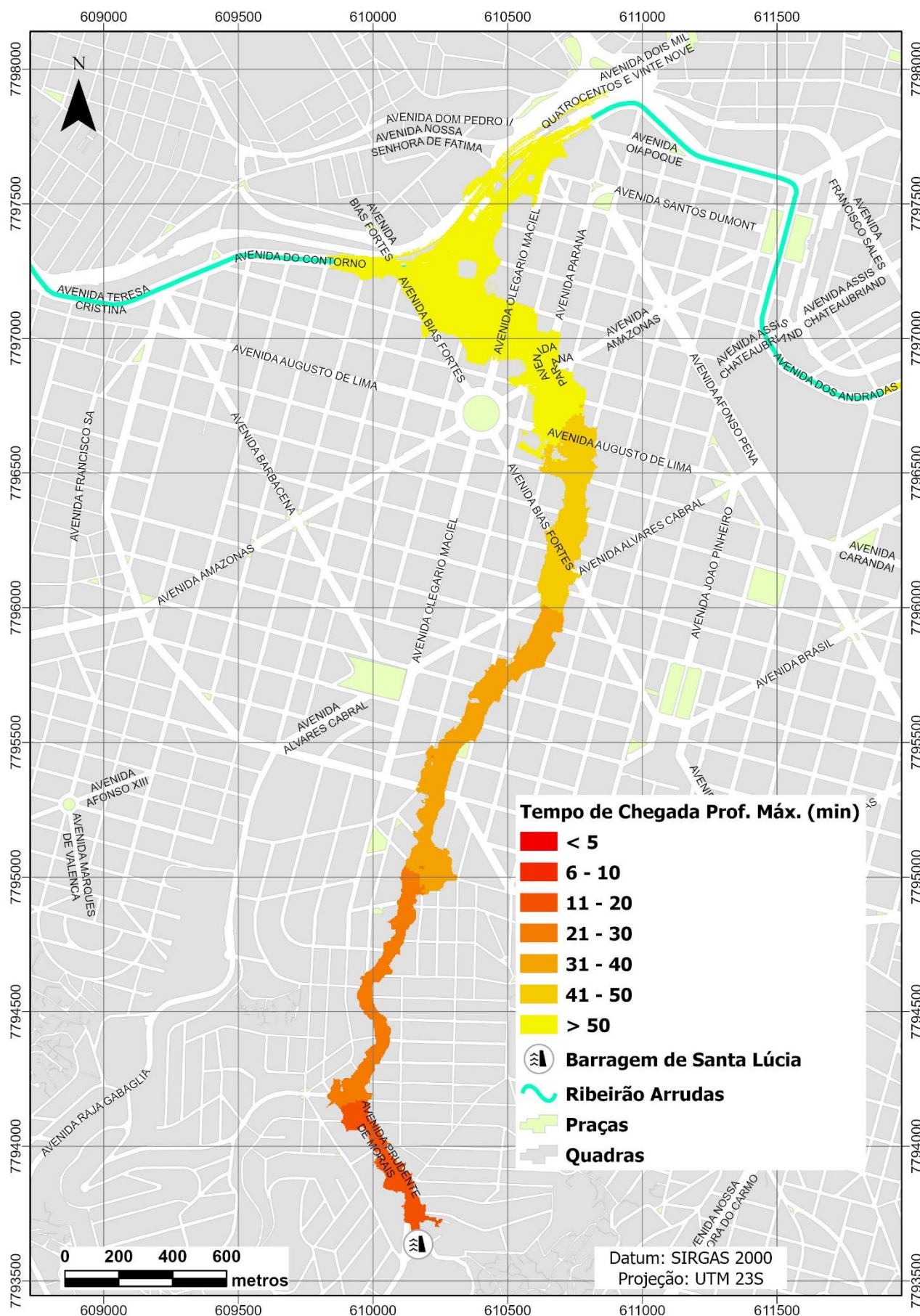


Figura 9.11. Mapa global de tempo de chegada para profundidade máxima da inundação resultante da propagação da onda de ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.



10 Zona de Autossalvamento - ZAS e pontos vulneráveis potencialmente afetados

A Portaria IGAM N° 02, de 26 de fevereiro de 2019, define a ZAS como “região do vale a jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência, devendo-se adotar a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos ou 10 km”.

A onda de cheia resultante da ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia é absorvida pelo canal do ribeirão Arrudas sem provocar inundações ao longo do vale desse curso d’água, à exceção da área de confluência. Com isso, adotou-se como ZAS a extensão do vale do córrego do Leitão atingida pela onda de ruptura nos primeiros 30 minutos após a ruptura. Esse critério é o mesmo adotado para todas as barragens localizadas no município de Belo Horizonte, a exceção da barragem da Pampulha. A Zona de Segurança Secundária prolonga-se até a confluência do córrego do Leitão com o ribeirão Arrudas.

[illegible]

11 Uso do solo, população exposta e análise de vulnerabilidade das áreas potencialmente afetadas

Apresenta-se aqui o resultado dos estudos de análise de vulnerabilidade da área inundável pela onda de cheia causada por uma ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia, acompanhada da identificação das tipologias de ocupação do vale a jusante, em particular, grandes equipamentos que concentram um número elevado de pessoas, como escolas, unidades de saúde, terminais do transporte público e outros.

A caracterização da população e da infraestrutura e o mapeamento da vulnerabilidade no vale de jusante da barragem de Santa Lúcia foram realizados exclusivamente com base em dados secundários. Foram realizadas análises das bases de dados do Censo Demográfico de 2010, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e das bases de dados disponibilizadas pela empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (Prodabel).

A área de interesse compreende a área a jusante da barragem de Santa Lúcia potencialmente impactada por inundações, formada pela ZAS e ZSS, segundo os mapas de inundação apresentados nos itens anteriores.

11.1 Indicadores de ameaça, exposição, vulnerabilidade e risco de inundação: referencial conceitual, material e métodos

Neste item são apresentados, sinteticamente, os critérios utilizados para criação de índices que reflitam a ameaça (variáveis hidráulicas: profundidade, velocidade e risco hidrodinâmico) e exposição de domicílios e moradores residentes na ZAS e ZSS, em uma ruptura hipotética da barragem Santa Lúcia, considerando o cenário de galgamento.

Adotou-se, para a construção dos índices e indicadores de risco, a mesma metodologia desenvolvida para a elaboração do Plano de Contingência de Inundações do Boulevard Arrudas, com as adequações necessárias tendo em vista os objetivos do PAE (ver FCO e UFMG, 2022-b).

A abordagem utilizada é micro e macroespacial, incorporando informações de edificações (arquivo vetorial das edificações de Belo Horizonte disponível no BH Map) e de escalas espaciais mais amplas: grades estatísticas, setores censitários e áreas de ponderação (microdados) – IBGE (2010).

Os índices são representados em Grades Estatísticas, representação espacial produzida pelo IBGE que divide o território brasileiro em células de 200 x 200 m nas áreas urbanas e de 1 x 1 km nas áreas rurais.

A partir da análise dos critérios e variáveis que interferem nos danos da inundação (Cançado, 2009), foram criados os índices de Risco Material (IRM), Risco Humano (IRH) e de Risco Crítico ou Criticidade (IRC). Os indicadores, após a padronização, variaram de zero a um, sendo que valores mais altos indicam maior impacto da inundação (sobre os critérios de padronização, ver FCO e UFMG, 2022-b). Para a ponderação do índice de risco final, considerou-se o mesmo peso para os atributos físicos (características hidráulicas da inundação) e para os aspectos socioeconômicos (exposição e vulnerabilidade), como mostrado a seguir.

- **Índice de Risco Material (IRM):** indica a ordem da magnitude do valor dos danos diretos à construção e ao conteúdo dos domicílios em diferentes regiões. É composto por dois índices: risco de danos à construção (IRM_1) e de danos ao conteúdo (IRM_2)². Cada um dos índices de risco material é definido pelo produtório ponderado do Índice de Ameaça Material ($IAM_{1,2}$) e do Índice de Exposição Material ($IEM_{1,2}$) do domicílio na grade estatística J:

$$IRM_{1,2,j} = IAM_{1,2,j}^{0,5} \times IEM_{1,2,j}^{0,5} \quad (\text{Eq. 1})$$

- **Índice de Risco Humano (IRH):** o nível de risco é mensurado segundo a magnitude das variáveis consideradas críticas para a ocorrência de danos diretos sobre as pessoas, ou seja, danos pelo contato com as águas, cujos principais são ferimentos e mortes. É composto pelo *Índice de Ameaça Humana*, relacionado principalmente à força hidrodinâmica do escoamento, que implica em perda de estabilidade, e pela *exposição* potencial das pessoas às águas da inundação (*IEH*) (mensurada por meio de estimativa de moradores na mancha de inundação, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). O índice de risco humano é definido pelo produtório ponderado do *Índice de Ameaça Humana* (*IAH*) e do *Índice de Exposição Humana* (*IEH*) na grade estatística J:

$$IRH_j = IAH_j^{0,5} \times IEH_j^{0,5} \quad (\text{Eq. 2})$$

Neste índice não foi considerado o componente de vulnerabilidade. Aqui é necessário um esclarecimento. A vulnerabilidade de um indivíduo a ferimentos ou morte, em um evento de inundação, se deve a vários fatores, não apenas às características físicas dos indivíduos, como a idade e dificuldades de locomoção, mas, em grande parte, a fatores diversos e aleatórios, como o comportamento do agente ou o local em que ele se encontrava no momento da cheia (Ashley & Ashley, 2008; Jonkman & Kelman, 2005).

As características possíveis de serem representadas por meio de variáveis encontradas em fontes secundárias confiáveis, como IBGE (idade, deficiência física...), não apresentaram grande variação, em termos de estrutura, entre as unidades de análise utilizadas no estudo, além disso, são dinâmicas, o que torna seu uso menos atraente, tendo em vista o período de coleta (Censo demográfico de 2010), para representar o momento atual. Essas são as principais razões pelas quais o índice de vulnerabilidade humana não compôs a análise. Mas, além disso, considera-se que todas as pessoas, uma vez expostas à inundação, já possuem algum nível de vulnerabilidade, e os aspectos acima citados seriam sobretudo fatores que o intensificariam.

- **Índice de Risco Crítico ou Índice de Criticidade (IRC):** unifica, em uma única fonte de informação, as regiões (grades estatísticas) mais críticas, em relação ao risco potencial de danos materiais (IRM) ou humanos (IRH), considerando como índice crítico na grade (IRC) sempre o maior índice entre os dois. O índice varia de 1 a 5, sendo que quanto maior o nível de criticidade, maior o valor do indicador.

O Quadro 11.1 contém uma síntese dos indicadores, variáveis e índices adotados neste trabalho, bem como das hipóteses que embasaram a criação dos índices, ou seja, os principais critérios considerados intervenientes na sua magnitude.

² Os elementos da construção correspondem à estrutura, alvenaria, rejunte, revestimento, pinturas e paredes exteriores, marcos e janelas, pisos. Já os danos ao conteúdo dos domicílios correspondem aos danos a móveis, eletrodomésticos, cortinas etc., segundo os projetos habitacionais tipo. Para detalhamento metodológico, ver FCO e UFMG, 2022-b e Cançado, 2009.

Quadro 11.1. Indicadores, hipótese, variáveis e índices.

	Indicador de risco	Hipóteses	Variáveis brutas	Índices
Risco material	Valor monetário dos danos à construção	- Força hidrostática e hidrodinâmica	- Profundidade e velocidade	IA _{M1}
		- Exposição da construção (edificação residencial ou mista)	- Número estimado de edificações, segundo tipologia / Número estimado de domicílios na mancha de inundação (PBH, 2015; IBGE, 2010)	IE _{M1}
	Valor monetário dos danos ao conteúdo	- Força hidrostática e hidrodinâmica	- Profundidade e velocidade	IA _{M2}
		- Exposição dos bens	- Número estimado de edificações, segundo tipologia / Número estimado de domicílios na mancha de inundação (PBH, 2015; IBGE, 2010)	IE _{M2}
Risco humano	Danos diretos aos moradores (ferimentos, mortes)	- Força hidrodinâmica e hidrostática	- Fator velocidade (RESCDAM... 2000, Reiter, 2000)	IA _{H1}
		- Exposição dos moradores	- Número estimado de moradores na mancha de inundação a partir de IBGE (2010) - Número de edificações residências na mancha de inundação (PBH, 2015)	IE _{H1}

Fonte: FCO e UFMG, 2022-b, com adequações.

11.2 Estimativas de edificações e moradores atingidos

Segundo estimativas realizadas, tendo em vista a extensão da marcha de inundação, a área atingida pela ruptura hipotética da barragem atinge, na ZAS, aproximadamente 420 edificações (uso residencial, misto ou não residencial), 1.176 domicílios e 3.038 moradores residentes. Na ZSS, esses valores são, respectivamente: 500, 1.448 e 3.225. A Tabela 11.1 mostra esses indicadores.

Tabela 11.1. Estimativa do número de edificações, domicílios e moradores situados na ZAS e ZSS - Ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia considerando o cenário de galgamento.

Variável	ZAS	ZSS	Total
Edificações	420	500	920
Domicílios	1.176	1.448	2.624
Moradores	3.038	3.225	6.263

Já na Tabela 11.2 Erro! Fonte de referência não encontrada. é apresentado o número de edificações afetadas, por zona a jusante da barragem, segundo tipologia de uso do lote, tanto em números absolutos, quanto percentuais.

Tabela 11.2. Número de edificações situadas na ZAS e ZSS, segundo tipologia de uso do lote e zonas a jusante da barragem.

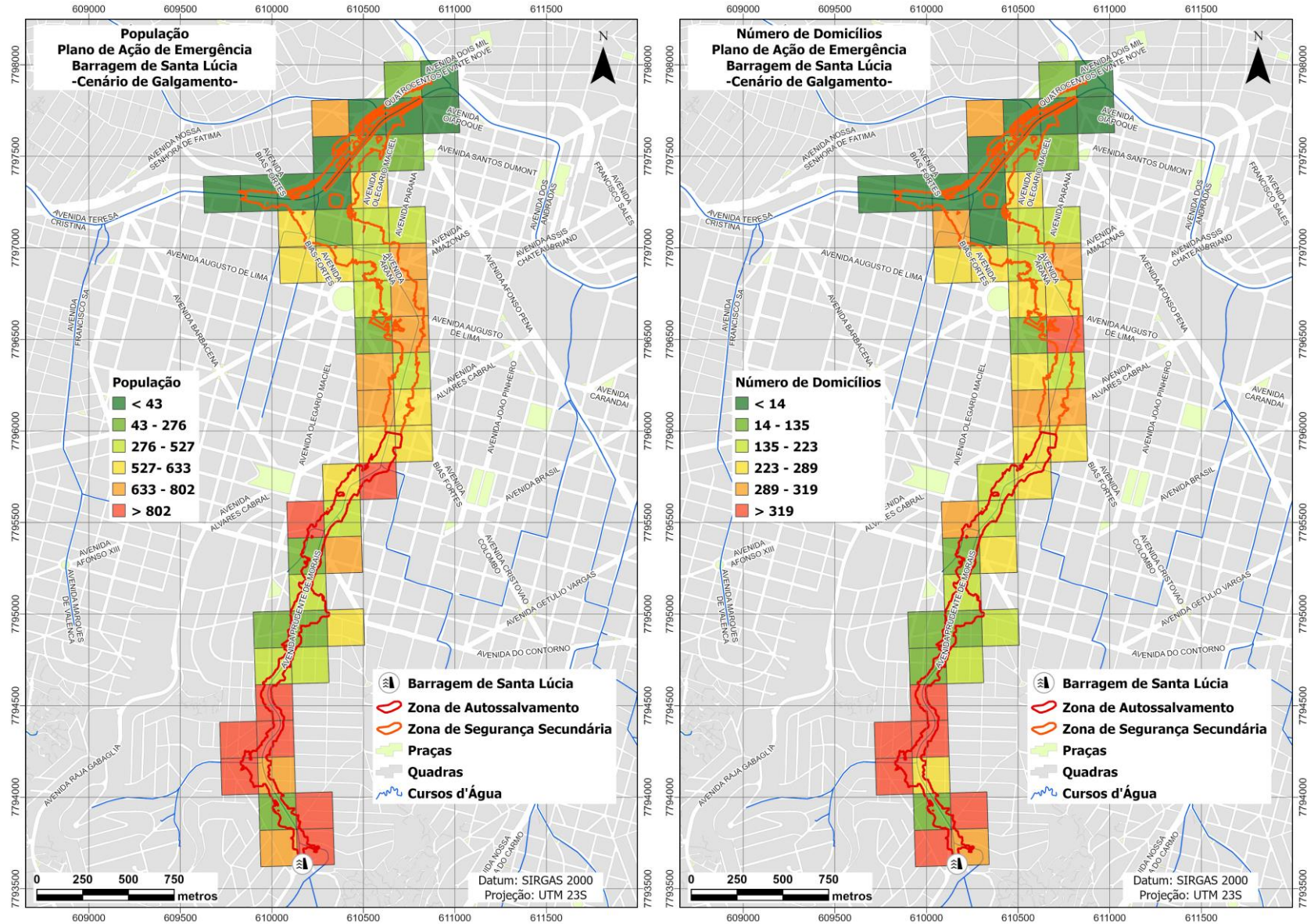
Tipologia de Lote	ZAS		ZSS		Total	
	N	%	N	%	N	%
Lote Vago	3	1%	0	0%	3	0%
Misto	77	18%	100	20%	177	19%
Não Residencial	169	40%	301	60%	470	51%
Exclusivamente Residencial	135	32%	25	5%	160	17%
Sem Informação	36	9%	74	15%	110	12%
Total	420	100%	500	100%	920	100%

O uso não residencial representa 40% das edificações expostas ao risco na ZAS, o que mostra a dimensão do impacto com respeito à atividade econômica, em particular de comércio e serviços. Na ZSS, esse percentual é de 60%. Na ZAS deve-se destacar a presença de clube esportivo/social, galpões comerciais, unidades de saúde, hotéis, supermercados e instituições de ensino. O resultado é esperado pela concentração de atividades econômicas em vias arteriais atingidas pela onda de cheia, situadas à jusante da barragem. Neste cenário, as vias mais impactadas, em ordem decrescente, são dos Andradas, Prudente de Moraes, do Contorno, São Paulo, Curitiba, dos Tupis, dos Tamoios, Rio Grande do Sul e Bias Fortes.

O uso residencial e misto também é importante, especialmente na ZAS. Os lotes de uso exclusivamente residencial são formados principalmente por edifícios multifamiliares (77% dos lotes residenciais na ZAS) e minoritariamente por casas (23% dos lotes residências na ZAS).

A Figura 11.1 apresenta espacialmente a distribuição do número de residentes e de domicílios, segundo grades estatísticas localizadas na ZAS e ZSS.

Figura 11.1. População residente e número de domicílios na ZAS e ZSS, por grade estatística.



11.3 Índice de Risco Material (IRM), Índice de Risco Humano (IRH) e Índice de Criticidade (IRC)

O Índice de Risco Material (IRM) e o Índice de Risco Humano (IRH) são apresentados espacialmente na Figura 11.2. Os mapas apresentados representam as grades estatísticas que se sobrepõem à mancha de inundação. Para fins de planejamento emergencial, esses mapas constituem o cenário mais crítico, com a utilização da profundidade, velocidade e risco hidrodinâmico (velocidade x profundidade) máximos encontrados nas grades.

O IRM integra o risco de danos à construção (IRM_1) e de danos ao conteúdo (IRM_2) aos domicílios (não compreende infraestrutura social e econômica), sendo que cada um deles é formado por três subindicadores, considerando as especificidades que levam aos danos à construção ou ao conteúdo: Índice de Ameaça Material (ao conteúdo e à construção), Índice de Exposição Material (ao conteúdo e à construção) e Índice de Vulnerabilidade Material (ao conteúdo e à construção). No APÊNDICE 1 são apresentados os mapas com os Índices de Ameaça Material e de Exposição, os quais compuseram o índice de risco final aqui mostrado.

Já os componentes do IRH, Índices de Ameaça e Exposição Humana, são mostrados, espacialmente, no APÊNDICE 2.

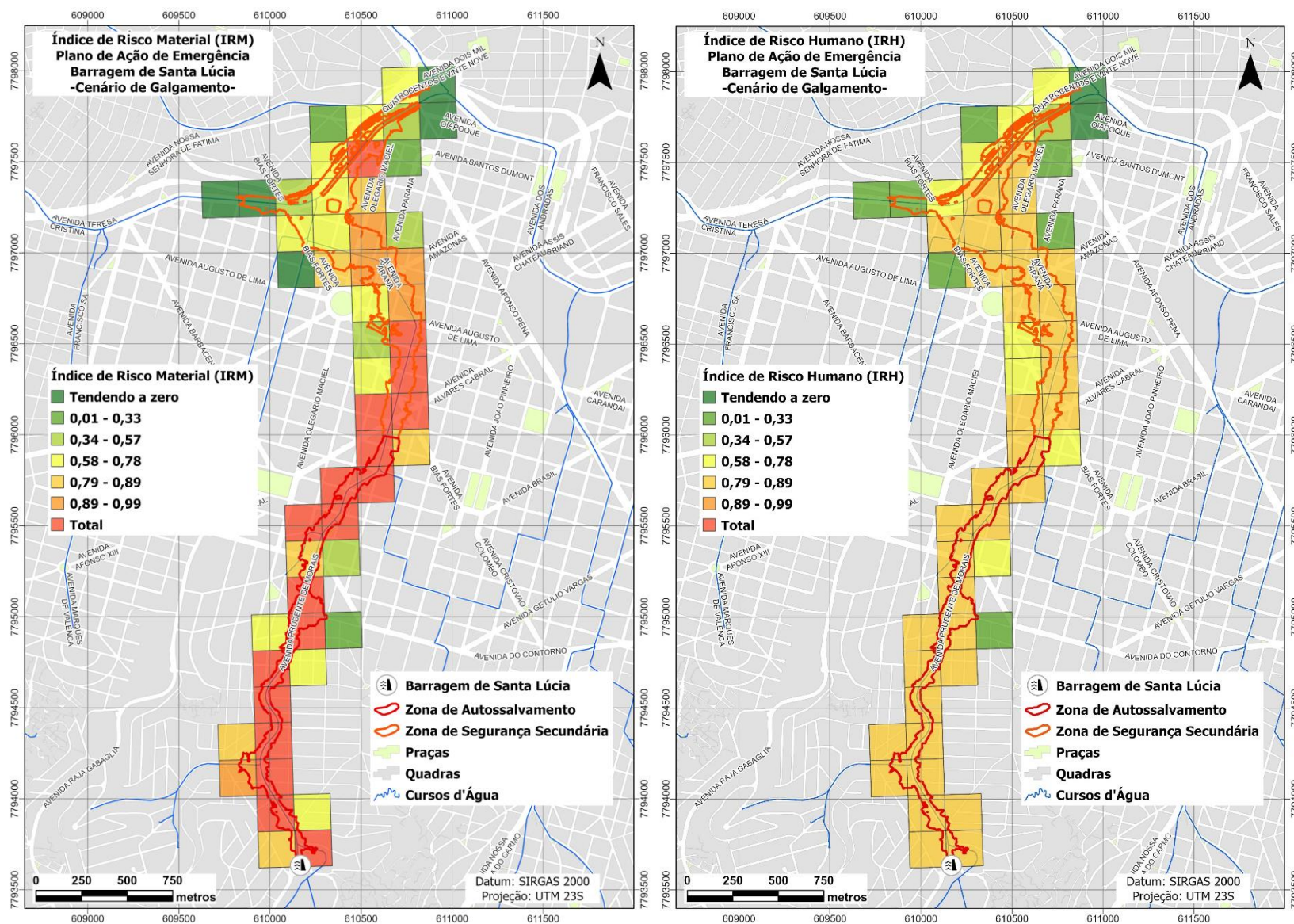
O mosaico de cores na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** representa o nível de risco, o qual está relacionado às características da inundação e ao perfil de uso e ocupação do solo em cada grade. Nota-se que classes mais elevadas do índice ($>0,79$) ocupam número expressivo de grades. O risco humano também é elevado, embora seja menor em algumas grades do que o potencial de danos materiais.

Em relação à exposição humana componente do índice de Risco Humano, definida a partir de uma estimativa da população residente, deve ser feita a ressalva de que não foi considerada no estudo a presença de pessoas não residentes acessando a região. Embora essa seja uma informação relevante, é de difícil quantificação, requerendo a adoção de várias hipóteses comportamentais, não verificáveis, e/ou a realização de levantamentos de campo. Uma solução seria correlacionar a magnitude da população flutuante, que circula na região, com o número de estabelecimentos comerciais, seu porte e potencial de agregação de pessoas, o que pode ser previsto para estudos futuros. A despeito dessa ausência, índices de risco humano elevados são encontrados na região.

Tendo em vista os índices de risco material e humano, foi ainda elaborado o Índice de Criticidade (IRC), de forma a unificar, em uma única fonte de informação, as regiões (grades estatísticas) mais críticas, em relação ao risco potencial de danos materiais (IRM) ou humanos (IRH), considerando como índice crítico na grade sempre o maior índice entre os dois. O índice varia de 1 a 5, sendo que quanto maior o nível de criticidade, maior o valor do indicador.

A Figura 11.3 mostra os índices críticos na ZAS e ZSS. Eles refletem fatores múltiplos relacionados às características da inundação (áreas com maior profundidade ou risco hidrodinâmico) e ao nível de exposição de pessoas e domicílios (densidade demográfica e de edificações, padrões de uso e ocupação do solo). A análise mostra que 68% das grades possuem IRC superior a 0,78, indicando, como esperado, a criticidade do evento em termos de danos materiais e humanos, em função tanto de suas características hidráulicas, como pelo padrão de uso e ocupação à jusante.

Figura 11.2. Índice de Risco Material e Índice de Risco Humano na mancha de inundação localizada na ZAS e ZSS.



Índice de Criticidade (IRC)
Plano de Ação de Emergência
Barragem de Santa Lúcia
-Cenário de Galgamento-

Índice de Criticidade (IRC)

- Tendendo a zero
- 0,01 - 0,33
- 0,34 - 0,57
- 0,58 - 0,78
- 0,79 - 0,89
- 0,89 - 0,99
- Total

Legend:

- Barragem de Santa Lúcia
- Zona de Autossalvamento
- Zona de Segurança Secundária
- Praças
- Quadras
- Cursos d'Água

Datum: SIRGAS 2000
 Projeção: UTM 23S

Na Tabela 11.3 Erro! Fonte de referência não encontrada. Erro! Fonte de referência não encontrada. é apresentada a distribuição das classes de índice de risco entre as 53 grades estatísticas situadas (inteiramente ou em parte) na ZAS e ZSS. Uma parcela relevante das grades apresenta índice superior a 0,78, indicando tratar-se de zonas de risco elevado, tanto do ponto de vista de danos materiais, quanto humanos.

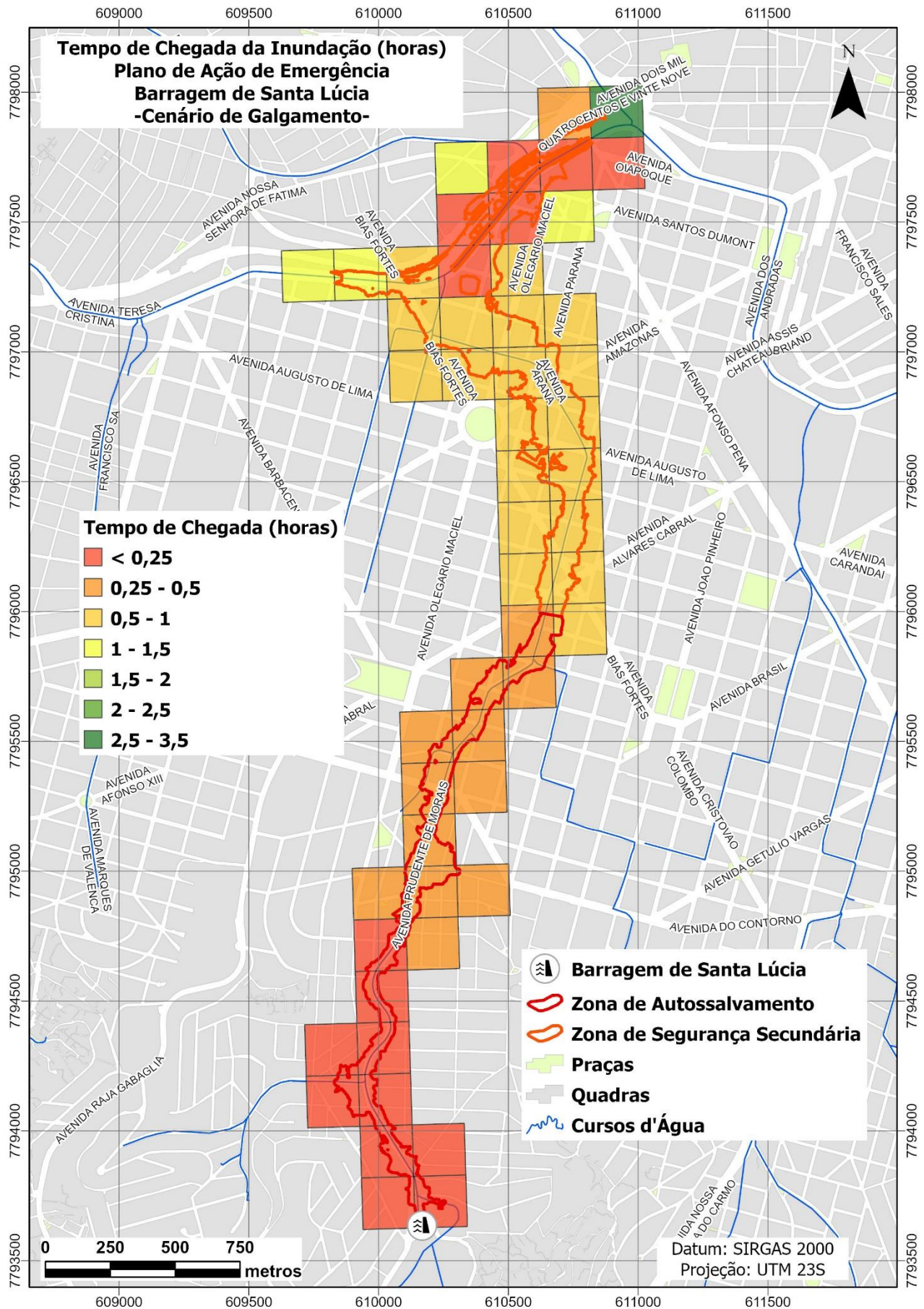
Tabela 11.3. Distribuição dos índices de risco, segundo classes, nas grades estatísticas situadas na ZAS e ZSS.

Classe do índice	IRM	IRH	IRC
Tendendo a zero	5	2	2
0,01 - 0,33	3	7	6
0,34 - 0,57	5	1	2
0,58 - 0,78	11	8	7
> 0,78	29	35	36
Total	53	53	53

11.4 *Tempos de Chegada das Inundações*

Pela sua importância no planejamento emergencial, foram mapeados os Tempos de Chegada da onda de cheia, tendo como referência espacial as grades estatísticas situadas na área inundável (Figura 11.4 Erro! Fonte de referência não encontrada.). A onda de cheia se propaga rapidamente, com tempos de chegada que se situam principalmente entre 15 e 60 minutos. Como esperado, tempos de chegada menores ocorrem na ZAS. Observe que na ZSS há regiões com tempos de chegada inferiores a 25 minutos. Como nessa região o Arrudas fechado é um canal aberto, o modelo identifica o tempo de chegada da cheia a partir do início de aumento das profundidades de escoamento, mesmo não ocorrendo inundação. Para a determinação da ZAS, é considerada apenas a região de exclusiva contribuição do volume propagado na ruptura da barragem.

Figura 11.4. Tempos de Chegada da Inundação, considerando as grades estatísticas localizadas na ZAS e ZSS.



11.5 *Infraestrutura Socioeconômica*

Por meio de consulta às bases disponibilizadas pela Prefeitura de Belo Horizonte (IDE BHGeo), foi ainda realizado o levantamento dos equipamentos urbanos, como unidades de saúde e estabelecimentos de ensino, e unidades econômicas (empresas de médio e grande porte) situadas nas zonas de autossalvamento e de segurança secundária.

Na Tabela 11.4 e Tabela 11.5 Erro! Fonte de referência não encontrada.são apresentados os quantitativos de unidades de saúde - especificamente de hospitais, Unidades de Pronto Atendimento (UPAs) e Centros de Saúde, de estabelecimentos de ensino e de atividades econômicas situados na região atingida de interesse. Na Erro! Fonte de referência não encontrada., a informação é mostrada em termos percentuais.

Tabela 11.4. Número de equipamentos de saúde, estabelecimentos de ensino e de atividades econômicas situados na mancha de inundação, por zona – cenário de galgamento da barragem de Santa Lúcia.

Zona	Hospitais, Centros de Saúde e UPAs	Estabelecimentos de Ensino	Atividades econômicas ¹		
			Microempresa	Pequeno Porte	Demais
ZAS	0	2	860	169	467
ZSS	1	5	2.469	306	456
Total	1	7	3.329	475	923

Nota 1. O banco de dados acessado (IDE BH, da PBH) agrega o porte das atividades econômicas em microempresa, empresas de pequeno porte e demais.

Tabela 11.5. Número de equipamentos de saúde, estabelecimentos de ensino e de atividades econômicas situados na mancha de inundação, por zona – cenário de galgamento da barragem de Santa Lúcia.

Zona	Hospitais, Centros de Saúde e UPAs	Estabelecimentos de Ensino	Atividades econômicas ¹		
			Microempresa	Pequeno Porte	Demais
ZAS	0,0%	29,6%	25,8%	35,6%	50,6%
ZSS	100,0%	71,4%	74,2%	64,4%	49,4%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Nota 1. O banco de dados acessado (IDE BH, da PBH) agrega a os portes das atividades econômicas em microempresa, empresas de pequeno porte e demais.

A Figura 11.5 apresenta os equipamentos de ensino e saúde diretamente atingidos pela inundação e a Figura 11.6 as atividades econômicas, desagregadas por porte e com representação somente de empresas de médio ou grande porte. A Figura 11.7 indica as atividades econômicas com potencial concentração de um número elevado de pessoas relacionadas, são atividades relacionadas a supermercado e a centro religioso. Na Tabela 11.6 e a Tabela 11.7, os endereços e nomes dos equipamentos de saúde e estabelecimento de ensino e das atividades de potencial concentração número elevado de pessoas são, respectivamente, listados.

Figura 11.5. Equipamentos urbanos, ensino e saúde, diretamente atingidos pela ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia em cenário de galgamento.

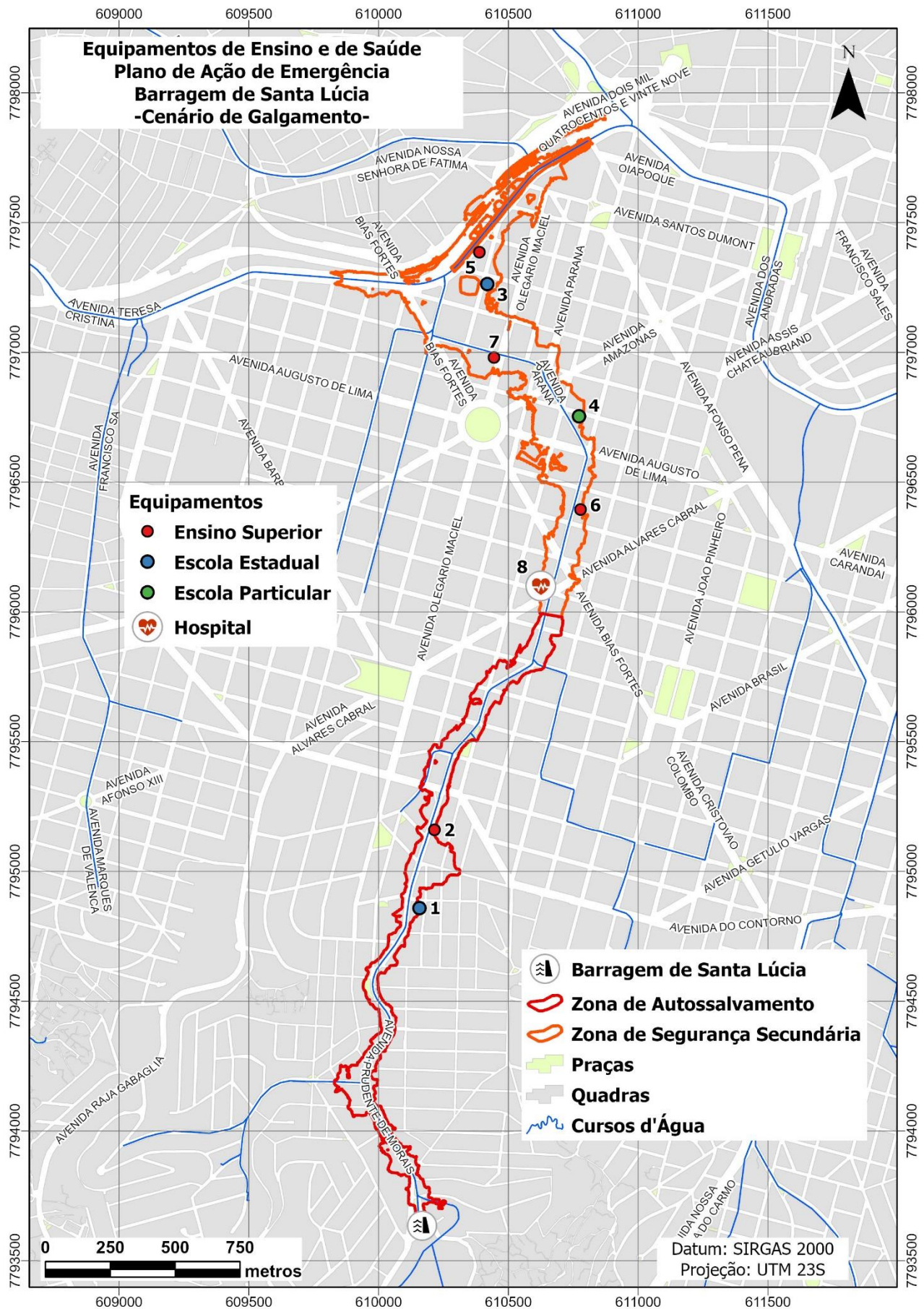


Figura 11.6. Atividades econômicas de médio ou grande porte, diretamente atingidas pela ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia em cenário de galgamento.

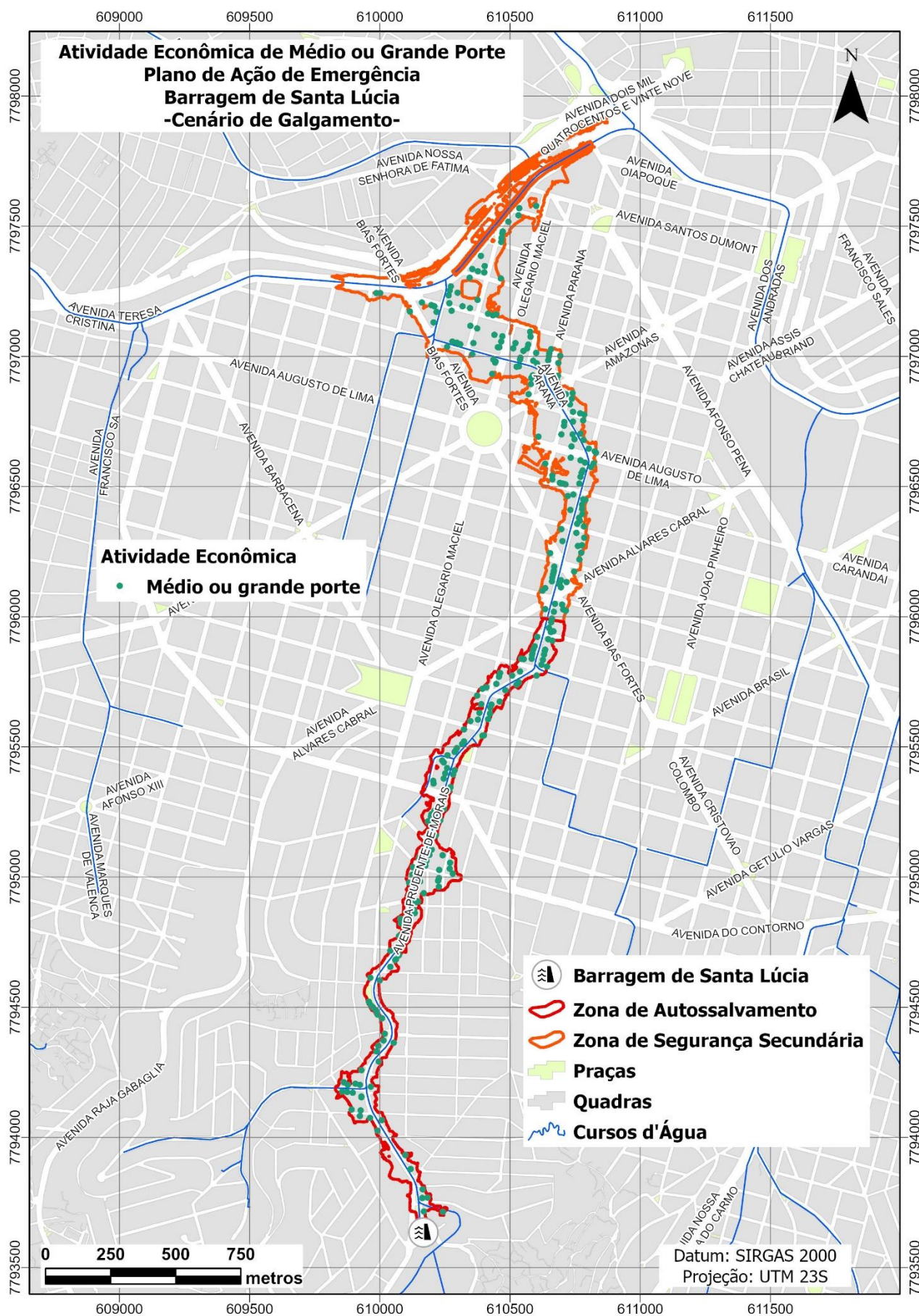


Figura 11.7. Atividades econômicas com potencial de concentração de um número elevado de pessoas, diretamente atingidas pela ruptura hipotética da barragem de Santa Lúcia em cenário de galgamento.

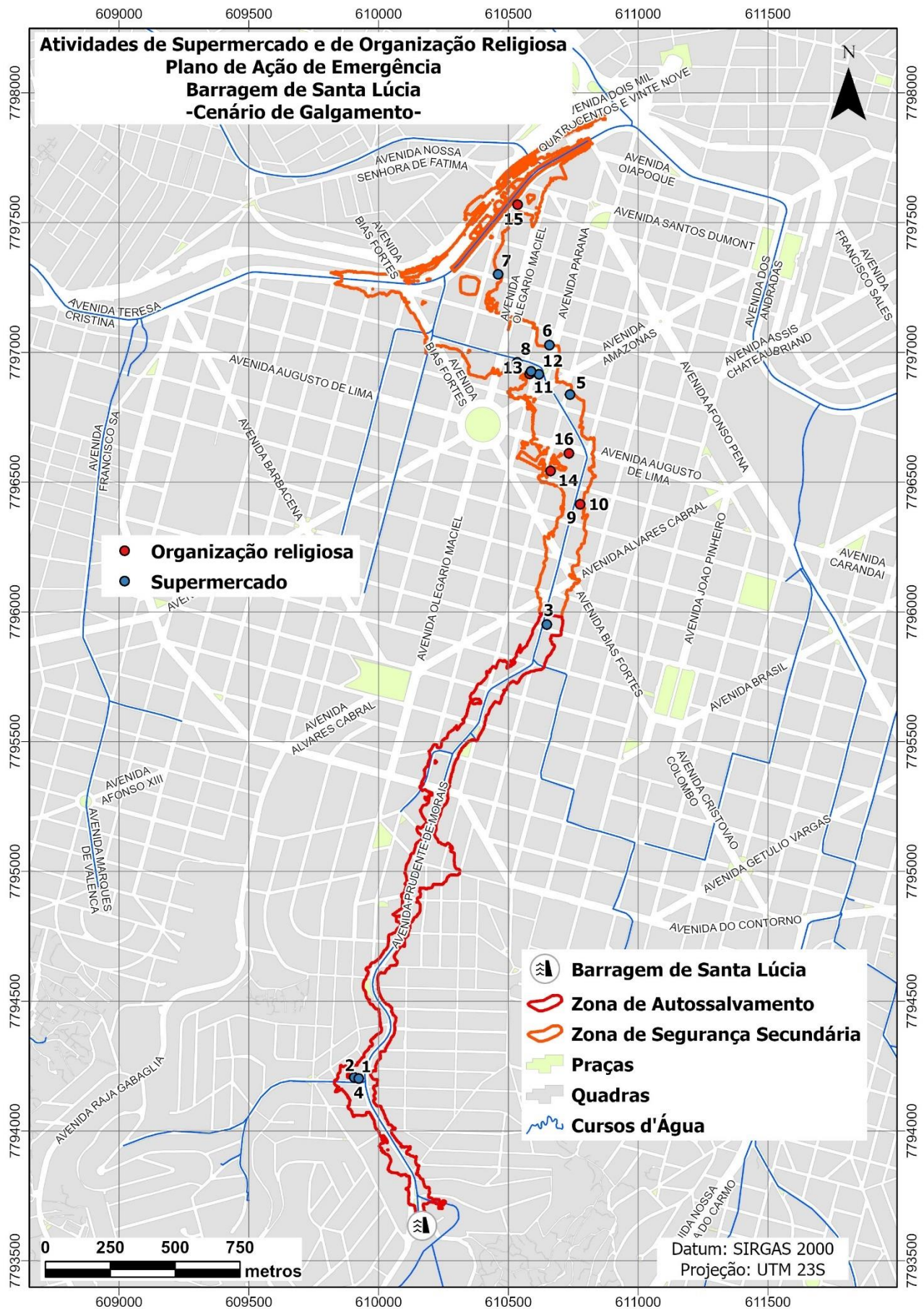


Tabela 11.6. Nome e endereço dos equipamentos de saúde e estabelecimentos de ensino situados na mancha de inundação, por zona – cenário de galgamento da barragem de Santa Lúcia.

ID	Zona	Equipamento	Nome	Endereço
1	ZAS	ESCOLA ESTADUAL	PROFESSOR LEOPOLDO DE MIRANDA	RUA BARAO DE MACAUBAS, 449
2	ZAS	ENSINO SUPERIOR	NUCLEO MINEIRO DE LOGOTERAPIA	AVE PRUDENTE DE MORAIS, 135
3	ZSS	ESCOLA ESTADUAL	CESARIO ALVIM	RUA RIO GRANDE SO SUL, 235
4	ZSS	ESCOLA PARTICULAR	COLEGIO RUI BARBOSA	RUA DOS GOITACAZES, 493
5	ZSS	ENSINO SUPERIOR	SIEMG	AVE DO CONTORNO, 11320
6	ZSS	ENSINO SUPERIOR	ASSOCIACAO KARPOS	RUA SAO PAULO, 1371
7	ZSS	ENSINO SUPERIOR	BRASIL EDUCACAO S/A	AVE OLEGARIO MACIEL, 742
8	ZSS	HOSPITAL	OTORRINO CENTER	RUA BERNARDO GUIMARAES, 1998

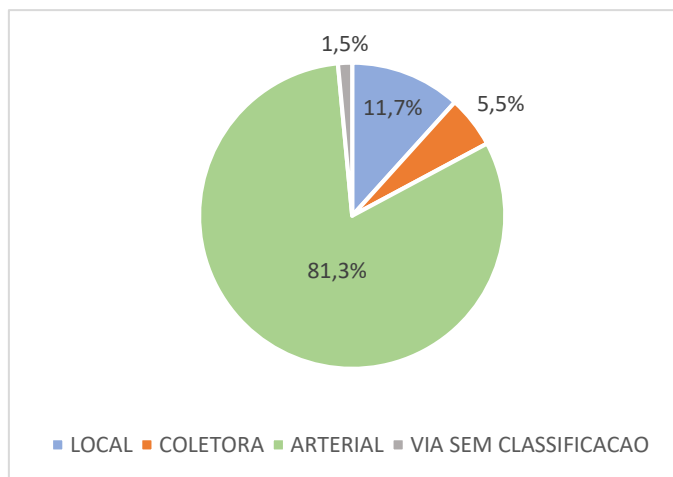
Tabela 11.7. Nome e endereço das atividades de potencial concentração de um número elevado de pessoas situadas na mancha de inundação, por zona – cenário de galgamento da barragem de Santa Lúcia.

ID	Zona	Equipamento	Nome	Endereço
1	ZAS	SUPERMERCADO	AMERICANAS S.A.	RUA GUAICUI, 26
2	ZAS	SUPERMERCADO	GUAICUI ALIMENTOS LTDA	RUA GUAICUI, 20
3	ZAS	SUPERMERCADO	RVS COMERCIO ELETRONICO LTDA	RUA SAO PAULO, 1835
4	ZAS	SUPERMERCADO	CRIST ALIMENTOS LTDA	RUA GUAICUI, 20
5	ZSS	SUPERMERCADO	DMA DISTRIBUIDORA S/A	RUA CURITIBA, 1001
6	ZSS	SUPERMERCADO	SUPERMERCADOS BH COMERCIO DE ALIMENTOS S/A	AVE PARANA, 470
7	ZSS	SUPERMERCADO	FAMA EMBALAGEM LTDA	RUA DOS CARIJOS, 986
8	ZAS	SUPERMERCADO	ORGANIZACOES BRAZALMEIDA COMERCIO DE PRODUTOS ALIMENTICIOS LTDA	RUA DOS TUPIS, 743
9	ZAS	ORGNIIZAÇÃO RELIGIOSA	IGREJA ASSEMBLEIA DE DEUS - MINISTERIO BELO HORIZONTE	RUA SAO PAULO, 1341
10	ZSS	ORGNIIZAÇÃO RELIGIOSA	CONVENCAO DOS MINISTROS DAS ASSEMBLEIAS DE DEUS DO ESTADO DE MINAS GERAIS	RUA SAO PAULO, 1341
11	ZSS	ORGNIIZAÇÃO RELIGIOSA	CRUZADA PROFETICA DO PAI DAS LUZES	RUA SANTA CATARINA, 32
12	ZSS	SUPERMERCADO	COMERCIAL ESQUINAO DA ECONOMIA EIRELI	RUA SANTA CATARINA, 27
13	ZSS	SUPERMERCADO	DDR COMERCIO DE ALIMENTOS EIRELI	RUA SANTA CATARINA, 22
14	ZSS	ORGNIIZAÇÃO RELIGIOSA	TEMPLO HEROIS DA FE DE ABRAAO	RUA CURITIBA, 1321
15	ZSS	ORGNIIZAÇÃO RELIGIOSA	IGREJA PENTECOSTAL TENDA DE JERUSALEM	RUA DOS CAETES, 1066
16	ZSS	ORGNIIZAÇÃO RELIGIOSA	CRISTO HOUSE	AVE AUGUSTO DE LIMA, 655

11.6 Rede Viária

Considerando a mancha de inundação, um percentual muito expressivo da extensão total das vias afetadas refere-se a trechos de vias arteriais (81,3%). Na Erro! Fonte de referência não encontrada.Figura 11.8 essa informação é representada considerando sua distribuição entre vias arteriais (largura da via $\geq 15\text{m}$), coletoras ($10\text{m} \leq \text{largura da via} < 15\text{m}$), locais (largura da via $< 10\text{m}$).

Figura 11.8. Distribuição do comprimento dos trechos viários afetados, por tipo de via.



Aproximadamente 50% da extensão afetada se concentra em nove vias, as quais estão ordenadas, de forma decrescente, segundo comprimento exposto ao impacto, no Quadro 11.2Erro! Fonte de referência não encontrada..

Quadro 11.2. Principais vias afetadas pela mancha de inundação, ordenadas segundo extensão exposta ao risco.

Ordem	Logradouro	Classificação	Descrição
1	DOS ANDRADAS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
2	PRUDENTE DE MORAIS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
3	DO CONTORNO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
4	SAO PAULO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
5	CURITIBA	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
6	DOS TUPIS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
7	DOS TAMOIOS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
8	RIO GRANDE DO SUL	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
9	BIAS FORTES	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
10	MATO GROSSO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
11	SANTA CATARINA	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
12	PADRE BELCHIOR	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
13	MARILIA DE DIRCEU	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
14	SINVAL BAMBIRRA	LOCAL	$10\text{m} \leq \text{LARGURA DA VIA} < 15\text{m}$
15	DOS GOITACAZES	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
16	SARAH KUBITSCHK	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
17	AUGUSTO DE LIMA	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
18	OLEGARIO MACIEL	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
19	DOS CARIJOS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
20	BARBARA HELIODORA	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
21	DOS GUAJAJARAS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
22	ABILIO NUNES DE FIGUEIREDO	LOCAL	$10\text{m} \leq \text{LARGURA DA VIA} < 15\text{m}$
23	PRIMEIRO DE MAIO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $< 10\text{m}$
24	MARQUES DE MARICA	LOCAL	$10\text{m} \leq \text{LARGURA DA VIA} < 15\text{m}$
25	ALVARES CABRAL	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
26	JOAO LUIZ ALVES	VIA SEM CLASSIFICACAO	LARGURA DA VIA $< 10\text{m}$
27	PRUDENTE DE MORAIS	LOCAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
28	PARANA	ARTERIAL	LARGURA DA VIA $\geq 15\text{m}$
29	JOAQUIM MURTINHO	COLETORA	$10\text{m} \leq \text{LARGURA DA VIA} < 15\text{m}$

Ordem	Logradouro	Classificação	Descrição
30	DOS GUARANIS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
31	AMAZONAS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
32	OESTE	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
33	DOS AIMORES	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
34	GUAICUI	COLETORA	LARGURA DA VIA >= 15m
35	ALVARENGA PEIXOTO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
36	LARGO LUIS DE CAMOES	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
37	FELIPE DOS SANTOS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
38	DOS CAETES	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
39	BERNARDO GUIMARAES	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
40	TOMAZ GONZAGA	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
41	DOS TIMBIRAS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
42	GONCALVES DIAS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
43	ARTUR BERNARDES	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
44	MARQUES DE PARANAGUA	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
45	PARANA	ARTERIAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
46	GENTIOS	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
47	DESEMBARGADOR AYRTON MAIA	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
48	JOAO JUNQUEIRA	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
49	DONA HELENA GRECO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
50	ANTONIO ALEIXO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
51	ANTONIO SCALZO NETO	VIA SEM CLASSIFICACAO	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
52	GUILHERME DE ALMEIDA	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
53	PAULO DE FRONTIN	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
54	DOS CAETES	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
55	DOS TUPINAMBAS	ARTERIAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
56	OURO PRETO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
57	NANSEN ARAUJO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
58	PAULO DE FRONTIN	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
59	JOSABA BELO	LOCAL	LARGURA DA VIA >= 15m
60	RAFAEL MAGALHAES	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
61	TENENTE RENATO CESAR	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
62	RIO GRANDE DO SUL	LOCAL	LARGURA DA VIA >= 15m
63	DEPUTADO ALVARO SALES	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
64	ABRE CAMPO	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
65	ENGENHEIRO ZOROASTRO TORRES	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
66	TRES MIL SEISCENTOS E OITENTA E UM	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
67	PITANGUEIRAS	COLETORA	LARGURA DA VIA < 10 m
68	MARABA	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
69	JOSE MARIA TORRES LEAL	LOCAL	LARGURA DA VIA >= 15m
70	BARAO DE MACAUBAS	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
71	DONATO DA FONSECA	COLETORA	LARGURA DA VIA < 10 m
72	SEISCENTOS E VINTE E NOVE	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
73	TEIXEIRA MENDES	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
74	ANTONIO DIAS	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
75	DOS TUPINAMBAS	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
76	PERRELA	VIA SEM CLASSIFICACAO	LARGURA DA VIA < 10 m
77	MANGABEIRA	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
78	CARVALHO DE ALMEIDA	COLETORA	LARGURA DA VIA >= 15m
79	JOAQUIM MURTINHO	COLETORA	LARGURA DA VIA >= 15m
80	JOAO CLAPP	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
81	ACARAU	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
82	CURITIBA	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
83	DA BALANCA	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
84	SANTA MADALENA SOFIA	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
85	PASTOR ANSELMO SILVESTRE	COLETORA	LARGURA DA VIA >= 15m
86	MATIPO	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
87	ANA DE SA	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
88	ARAGUARI	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m

Ordem	Logradouro	Classificação	Descrição
89	BERNARDO MASCARENHAS	COLETORA	LARGURA DA VIA >= 15m
90	CARLOS GOMES	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
91	PEDRO AGUINALDO FULGENCIO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
92	NUNES VIEIRA	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
93	MOYSES KALIL	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
94	FRUTAL	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
95	CARAMURU	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
96	JOAO DE FREITAS	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
97	PROFESSOR ARDUINO BOLIVAR	LOCAL	LARGURA DA VIA >= 15m
98	FELIPE CAMARAO	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
99	ALPHONSUS DE GUIMARAES	COLETORA	LARGURA DA VIA >= 15m
100	BERNARDO MONTEIRO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
101	PERRELA	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
102	FRANCISCO SALES	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
103	PIRITE	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
104	JOAO ALFREDO	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
105	JORDAO	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
106	ITAJOBI	LOCAL	LARGURA DA VIA < 10 m
107	PRUDENTE DE MORAIS	COLETORA	LARGURA DA VIA >= 15m
108	TAVARES BASTOS	LOCAL	LARGURA DA VIA >= 15m
109	CEARA	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
110	CACHOEIRA DOURADA	LOCAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
111	RAIMUNDO VENANCIO DA SILVA	LOCAL	LARGURA DA VIA >= 15m
112	LEOPOLDO GOMES	COLETORA	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
113	CURITIBA	ARTERIAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
114	MEM DE SA	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
115	FRANCISCO SALES	ARTERIAL	10m <= LARGURA DA VIA < 15m
116	SILVIANO BRANDAO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m
117	QUATRO MIL CENTO E QUARENTA E QUATRO	ARTERIAL	LARGURA DA VIA >= 15m

12 Sistema de alerta, setorização do alerta, rotas de fuga e pontos de encontro

Para o alerta de evacuação da ZAS serão utilizados os meios de comunicação já previstos no Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte ao que serão associadas sirenes instaladas em locais estratégicos conforme aqui definidos.

Os meios de comunicação previstos no Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte são:

- Telefonia, para a comunicação com os residentes nos setores de evacuação de emergência previstos nos NAC;
- SMS, para a comunicação com os residentes nos setores de evacuação de emergência previstos nos NAC e com toda a população voluntariamente cadastrada no sistema;
- Mídias sociais: Instagram e Telegram, para comunicação com toda a população cadastrada.

As sirenes serão instaladas nos seguintes equipamentos urbanos:

- Estações e terminais de transporte público:
 - Verificar com a SUPDEC;
- Escolas e creches, em número de 7;
- Shopping centers não identificados nas áreas de ZAS e ZSS;
- Hotéis, em número de 1;
- Supermercados, em número 10;
- PMMG, não há unidades nas áreas de ZAS e ZSS;
- Unidades de saúde: não há nas áreas de ZAS e ZSS;
- Templos e centros comunitários a fins religiosos em número de 6.

Os trechos viários principais a serem interrompidos são os seguintes:

- Avenida Prudente de Moraes: em toda a sua extensão;
- Avenida Guaicuí: entre a rua Perdigão Malheiros e a Avenida Prudente de Moraes;
- Avenida do Contorno (Sul): entre a Avenida Olegário Maciel e a rua Marquês de Maricá;
- Avenida Álvares Cabral, entre a rua Curitiba e a rua Rio de Janeiro;
- Avenida Bias Fortes, entre a rua Rio de Janeiro e a rua Curitiba;
- Avenida Augusto de Lima, entre a rua Rio de Janeiro e a rua Santa Catarina;
- Avenida Amazonas, entre a Praça Raul Soares e a rua São Paulo;
- Avenida do Contorno (Norte), entre a rua Juiz de Fora e a rua São Paulo;
- Rua Marília de Dirceu, entre a Avenida do Contorno e a rua Curitiba;
- Rua Curitiba, entre a rua Marília de Dirceu e a rua Bárbara Heliodora;
- Rua Bárbara Heliodora, entre a rua Curitiba e a rua São Paulo;
- Rua São Paulo, entre a rua Bárbara Heliodora e a rua dos Goitacazes;
- Rua Padre Belchior, entre a Avenida Álvares Cabral e a Avenida Amazonas;
- Todas as vias secundárias que cruzam o sistema viário acima enumerado ao longo do vale do córrego do Leitão.

A setorização do alerta, rotas de fuga e pontos de encontro foram estabelecidos pela SUPDEC e incorporados aos mapas produzidos no âmbito do presente estudo. A Figura 12.1 ilustra essa setorização geral da área a jusante da barragem de Santa Lúcia, com a localização dos pontos de encontro e a Figura 12.2 fornece um exemplo de mapa de detalhe de um setor específico. No Adendo 1, encontram-se todos os setores e pontos de encontro definidos para a área de interesse do PAE da barragem de Santa Lúcia.

Figura 12.1. Setores de alerta e evacuação e pontos de encontro. (aguardando mapas SUPDEC)

Figura 12.2. Exemplos de setores de alerta e evacuação e pontos de encontro: três exemplos (aguardando mapas SUPDEC).

13 Plano de Treinamento do Plano de Ação de Emergência

O Plano de Treinamento do PAE da Barragem de Santa Lúcia concerne sete grupos:

- A. Os Grupos de Intervenção Direta (GID) e de Apoio Interno (GAI);
- B. Núcleos de Alerta de Chuvas (NAC), no âmbito do Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte;
- C. Instituições educacionais localizadas na ZAS e na ZSS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação;
- D. Unidades de saúde e de assistência social localizadas na ZAS e na ZSS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação;
- E. Templos religiosos localizados na ZAS e na e na ZSS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação;
- F. Centros comerciais localizados na ZAS e na ZSS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação;
- G. Funcionários regulares de estações e terminais de grande fluxo de pessoas localizados na ZAS e na ZSS, incluindo-se um buffer de 100 m de largura contíguo à mancha de inundação.

O treinamento busca atingir objetivos gerais distintos, ainda que complementares, podendo variar entre os grupos, como segue:

- I. **Treinamento I:** Informar sobre os riscos de inundação a jusante da barragem de Santa Lúcia, tendo origem em eventos pluviais, e sobre as ações de previsão e alerta previstas no âmbito do Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte.
- II. **Treinamento II:** Informar sobre a barragem de Santa Lúcia, seu sistema de monitoramento, os riscos de ruptura, as áreas potencialmente atingidas, os meios de alerta e os principais componentes do PAE.
- III. **Treinamento III:** Simular a ocorrência de situações de emergência de Níveis de Resposta 1 e 2 (Laranja e Vermelho) e as implantação dos fluxogramas de resposta destinada apenas aos GID e GAI, não envolvendo treinamento de evacuação ou envolvimento de residentes nas áreas de risco.
- IV. **Treinamento IV:** Simular a evacuação da ZAS para os Níveis de Resposta 1 e 2 (Laranja e Vermelho) endereçado a grupos escolhidos entre os A a G listados.

O I é, de fato, parte do treinamento específico ao Plano de Contingência do Município de Belo Horizonte. Como partes das áreas que potencialmente poderiam ser atingidas pela onda de ruptura da barragem de Santa Lúcia são também áreas de risco de inundação, há uma integração importante entre o Plano de Contingência e o PAE da barragem de Santa Lúcia. Com isso, é possível beneficiar-se de toda a estrutura e dos procedimentos de previsão e alerta de inundações da Prefeitura de Belo Horizonte bem como da organização dos NACs, comunicação, rotas de fuga, pontos de encontro, abrigos e outros meios de resposta.

O Treinamento II tem como principal meta informar sobre a barragem de Santa Lúcia, as ações de segurança segundo o PSB de Santa Lúcia, os riscos associados à barragem e a sua operação, o conceito de PAE e as ações de resposta. Esse treinamento visa, por um lado, assegurar que o risco oferecido pela barragem é baixo e que ela se encontra em condições de segurança adequadas, que há um monitoramento contínuo das situações de emergência potenciais, e que, em eventuais situações de emergência, há um plano que estabelece as responsabilidades e as respostas de controle e de retorno às condições de normalidade.

O III constitui-se em um treinamento interno à Prefeitura de Belo Horizonte, dos Grupos de Intervenção Direta e de Apoio Interno, podendo-se, igualmente, informar e mobilizar o Grupo de Apoio Externo. Esse treinamento visa:

- Informar, com o requerido nível de detalhes, às instituições que compõem o GID e o GAI sobre suas responsabilidades, ações e respostas esperadas segundo o nível de resposta às situações de emergência descritas no PAE da barragem de Santa Lúcia.
- Simular os processos de tomada de decisão e implantação de respostas com vistas a avaliar:

- A capacidade do GID e do GAI em utilizar as informações oriundas do monitoramento da barragem Santa Lúcia e de tomar as decisões adequadas em conformidade com as situações de emergência;
- A capacidade de comunicação e de coordenação de ações entre as instituições do GID e do GAI, bom como com instituições do GAE;
- A capacidade e a eficiência em mobilização de equipes e de equipamentos para implantar as ações de resposta em conformidade com o estabelecido no PAE;
- O tempo efetivamente gasto em cada etapa de tomada de decisão e de implementação de ações de resposta;
- A capacidade do GID de avaliar a evolução das situações de emergência, por meio de monitoramento da barragem de Santa Lúcia, e de tomar as decisões adequadas em conformidade com o PSB e o PAE;
- A qualidade do monitoramento e a capacidade do GID em detalhar falhas e erros de monitoramento e de adotar as ações corretivas em conformidade com o PSB e o PAE.

Embora o Treinamento III seja interno, poderá, a critério do Coordenador do PAE, do Empreendedor e dos demais membros do GID, envolver os representantes dos NACs na área potencialmente atingida pela mancha de inundação decorrente da ruptura da barragem de Santa Lúcia, porém, sem envolver os demais residentes, empresas e organizações que compõem essa área.

O Treinamento IV tem por principais focos:

- Simular a capacidade e a eficiência do alerta de evacuação da ZAS sob os seguintes aspectos:
 - Tempo requerido, entre a ordem de evacuação da ZAS dada pelo Coordenador do PAE e a emissão do alerta;
 - Tempo requerido, entre a emissão do alerta e sua recepção pelos representantes dos NACS e instituições escolhidas (escolas, hospitais e outras unidades de saúde, terminais de transporte, grandes equipamentos urbanos de comércio e serviços, templos);
 - Tempo de resposta dos representantes dos NACs e instituições escolhidas entre a recepção do alerta e o início da evacuação;
 - Tempo requerido entre o início da evacuação e o efetivo abandono das áreas de risco;
 - Tempo requerido entre a emissão do alerta de evacuação e o bloqueio de vias;
 - Qualidade e eficiência de comunicação entre o GID, o GAI, os NACs e as instituições escolhidas para receber o alerta;
 - Qualidade e eficiência da informação visual indicando as rotas de fuga e os pontos de encontro;
 - Desobstrução e eficiência de funcionamento das rotas de fuga.

Considerando-se a densa ocupação da ZAS e da ZSS, a presença de vários eixos viários importantes da Região Centro-Sul de Belo Horizonte e as atividades comerciais e de serviços nessa área, não é viável realizar um simulado de evacuação envolvendo, simultaneamente, todos os setores concernidos. O Treinamento IV deve ser implantado, portanto, escolhendo-se um ou dois setores de alerta e evacuação, e instituições tais como escolas e grandes equipamentos urbanos situados nesses setores para treinamento.

O Quadro 13.1 elenca as modalidades e os meios de treinamento por tipo de treinamento.

Quadro 13.1. Plano de Treinamento do PAE da Barragem de Santa Lúcia: objetivos, modalidades e meios.

Objetivos do Treinamentos	Grupos	Modalidades de Treinamento	Material básico
I	Todos	Seminários, podendo também incluir visitas técnicas para os Grupos A, B e C	Apresentações do tipo power point, mapas, brochuras
II	Todos	Seminários, podendo também incluir visitas técnicas para os Grupos A, B e C	Apresentações do tipo power point, mapas, brochuras
III	A	Simulação interna de situações de emergência	PAE da barragem de Santa Lúcia, desenhos da barragem (vertedores, galerias, comportas, bacias de dissipação, instrumentação da barragem, saídas de drenos, ...), mapas da mancha de inundação, ZAS e ZSS, rotas de fuga, pontos de encontro, contatos do NAC. Cronômetros, planilhas, câmeras fotográficas e de vídeo.
IV	Todos, porém com mobilização de um ou dois grupos por treinamento	Simulação externa de evacuação da ZAS	PAE da barragem de Santa Lúcia, desenhos da barragem (vertedores, galerias, comportas, bacias de dissipação, instrumentação da barragem, saídas de drenos, ...), mapas da mancha de inundação, ZAS, rotas de fuga, pontos de encontro, contatos do NAC. Cronômetros, planilhas, câmeras fotográficas e de vídeo.

14 Meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situações de emergência em potencial

Os serviços de manutenção e conservação executados na Barragem de Santa Lúcia, bem como no entorno, são de responsabilidade da SUDECAP. De forma simplificada, esses serviços são executados por empresas contratadas pela PBH que dispõe minimamente dos seguintes meios e recursos:

- 01 Balsa e 01 Barco para coleta de resíduos do espelho d'água;
- 01 Báscula para transporte de resíduos coletados no espelho d'água;
- 02 retroescavadeiras;
- 02 motores de popa;
- 03 caminhões basculante e/ou carroceria;
- 01 Kombi para transporte de pessoal;
- 30 encarregados para roçada, limpeza, carregamento e manutenção de infraestrutura;
- Material de construção (brita, areia, cimento, aço etc.), madeira para fôrma etc.

Esses serviços são fiscalizados pela Gerência de Manutenção de Bacias de Controle de Cheias e Barragens (Tel: 3277-8142), Gerência de Manutenção de Infraestrutura da SUDECAP (Tel: 3277-5014) e Gerência Regional de Manutenção da XX (Tel: XX).

Além disso, outros recursos para sinalização e desvio de trânsito são disponíveis na Gerência de Ação Regional XX da BHTrans (Tel: 3246-8074).

15 Formulários de declaração de início da emergência, de declaração de encerramento da emergência e de mensagem de notificação

No presente item ilustram-se os modelos de formulários para:

- Declaração de Início de Situação de Emergência
- Formulário de Registro de Situações de Emergência
- Declaração de Encerramento de Emergência

DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE UMA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE

BARRAGEM DE SANTA LÚCIA DECLARAÇÃO DE EMERGÊNCIA

SITUAÇÃO NÍVEL ____

Eu, _____ (nome e cargo) _____, na condição de **Coordenador do PAE da Barragem de Santa Lúcia** e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da Declaração de Emergência para a Barragem de Santa Lúcia, cuja situação é de Nível ____, a partir das __ horas do dia ____ / ____ / ____, em função da ocorrência de _____

_____.

Pessoa de Contato: _____

Telefone: _____.

Belo Horizonte, ____ de _____ de _____.

(nome / assinatura)

COORDENADOR DO PAE

RG n.: _____

FORMULÁRIO DE REGISTRO DE SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

BARRAGEM DE SANTA LÚCIA

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: ____/____/____

DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA

Empreendedor: PREFEITURA DE BELO HORIZONTE

Nome da Barragem: BARRAGEM DE SANTA LÚCIA

Dano Potencial Associado:

Categoria de Risco:

Classificação da barragem:

Município/UF: BELO HORIZONTE

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 n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010 e com a Portaria IGAM N° 02, de 26 de fevereiro de 2019.

Belo Horizonte, ____ de _____ de ____

.....

Nome completo do representante legal do empreendedor

CPF

16 Relação das entidades públicas e privadas que receberam cópia do Plano de Ação de Emergência – PAE com os respectivos protocolos de recebimento

As instituições que receberam cópia deste PAE da barragem de Santa Lúcia, com respectivo número de protocolo de recebimento, encontram-se listados no Quadro 16.1.

Quadro 16.1. Instituições que receberam cópia do PAE da Barragem Santa Lúcia.

i	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 de Segurança Urbana e Patrimonial		
	NAC: Núcleos de Alerta de Chuva - Regionais Centro Sul e Leste		
	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		
	SAMU		
	Polícia Militar de Minas Gerais		
	Política Rodoviária Estadual de Minas Gerais		
	Polícia Rodoviária Federal		
	COPASA		
	CEMIG		

	GASMIG		

APÊNDICE 1. Mapas dos Índices de Ameaça Material e de Exposição.

APENDICE 2. Mapas dos Índices de Ameaça e Exposição Humana.

