

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,**  
**MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**METODOLOGIAS PARA A ELABORAÇÃO DE**  
**PLANOS DE AÇÕES EMERGENCIAIS PARA**  
**INUNDAÇÕES INDUZIDAS POR BARRAGENS.**  
**ESTUDO DE CASO: BARRAGEM DE PETI - MG**

**Diego Antonio Fonseca Balbi**

**Belo Horizonte**

**2008**

**METODOLOGIAS PARA A ELABORAÇÃO DE  
PLANOS DE AÇÕES EMERGENCIAIS PARA  
INUNDAÇÕES INDUZIDAS POR BARRAGENS.  
ESTUDO DE CASO: BARRAGEM DE PETI - MG**

**Diego Antonio Fonseca Balbi**

**Diego Antonio Fonseca Balbi**

**METODOLOGIAS PARA A ELABORAÇÃO DE  
PLANOS DE AÇÕES EMERGENCIAIS PARA  
INUNDAÇÕES INDUZIDAS POR BARRAGENS.  
ESTUDO DE CASO: BARRAGEM DE PETI - MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Hidráulica e Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Avaliação e gerenciamento de impactos e de riscos ambientais

Orientador: Nilo de Oliveira Nascimento

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2008

B172m Balbi, Diego Antônio Fonseca  
Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações induzidas por barragens [manuscrito] : estudo de caso: Barragem de Peti - MG / Diego Antônio Fonseca Balbi .— 2008.  
xv, 336 f. , enc. : il.

Orientador: Nilo de Oliveira Nascimento

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos.

Inclui bibliografia

1. Barragens e açudes – Teses. 2. Inundações – Teses . 3. Defesa civil – Teses. I. Nascimento, Nilo de Oliveira. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. IV. Título.

CDU:

*Ficha elaborada pelo Processamento Técnico da Biblioteca da EE/UFMG*

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora, fornecida pelo Colegiado do Programa

*Faça, ou não faça. Não existe “tentar”.*

## **AGRADECIMENTOS**

Meu primeiro agradecimento é dirigido aos meus pais, Tadeu e Socorro, sua paciência infinita e sua crença absoluta na capacidade de realização a mim atribuída foram, inquestionavelmente, os elementos propulsores desta dissertação.

Agradeço, de forma muito carinhosa, à minha esposa Sabrina Balbi, que tem sido o contínuo apoio em todos estes anos, desde o início. A sua energia e sua compreensão foram fundamentais na construção e conclusão deste trabalho.

Aos meus irmãos, Bruno e Alita, por permanecerem sempre ao meu lado e pela ajuda nas traduções e formatação dos textos.

Ao Professor Nilo, pela orientação e confiança, as suas sugestões ampliaram o objetivo deste trabalho e suas idéias foram muito importantes no seu enriquecimento.

A toda a equipe da Gerência de Segurança de Barragens da Cemig, em especial às colegas Eliana e Teresa Cristina por compartilharem comigo todo o seu conhecimento de segurança de barragens e planejamento de ações emergenciais.

Gostaria de expressar a minha grande gratidão à Doutora Teresa Viseu do LNEC, que me recebeu tão bem em minha visita a Portugal e cujos trabalhos foram referências extremamente importantes para a concretização deste trabalho.

Aos professores da UFMG, pelo aprendizado e a atenção dispensada.

A meus amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram com sua amizade.

E a Deus, que me deu forças e iluminou meu espírito me permitindo aprender muito mais do que a ciência me pôde ensinar.

Muito obrigado!

## RESUMO

O presente estudo tem o objetivo de preparar planos de ações emergenciais (PAE) para evitar ou reduzir os danos causados pela ruptura de barragens a partir da revisão de metodologias nacionais e internacionais. Essa abordagem foi aplicada ao caso da barragem de Peti, situada no rio Santa Bárbara, bacia do Rio Piracicaba, em Minas Gerais. A represa está localizada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo e foi feita de concreto, do tipo arco simples, com comprimento total da crista de 85,00 m e altura máxima sobre a fundação de 40,00 m. O estudo do mapeamento das áreas inundáveis foi feito ao longo de 79 km nos rios Santa Bárbara e Piracicaba, atravessando as cidades de São Gonçalo do Rio Abaixo, Nova Era e João Monlevade. O gerenciamento do risco é composto por quatro fases cíclicas: prevenção, preparação, resposta e recuperação. O PAE é uma medida não-estrutural de mitigação do risco. Essa medida deve ser preparada em uma fase anterior à emergência decorrente de uma inundação a fim de se fazer frente ao risco imposto pela barragem ao vale. Consiste de cinco componentes: detecção, tomada de decisões, notificação, alerta/aviso e evacuação. Em um vale habitado a jusante de uma barragem (sistema vale-barragem), os três primeiros componentes são de responsabilidade do proprietário da barragem, e os dois últimos, das autoridades locais. Nesse sentido, é conveniente que sejam elaborados dois planos distintos, porém integrados. Um interno, chamado Plano de Emergência da Barragem, com elementos de detecção, avaliação e classificação de ocorrências excepcionais, de notificação, de definição de responsabilidades, de planejamento de ações e de mapeamento de áreas de risco a jusante. Outro externo, chamado Plano de Emergência Externo do município, mais focado em elementos ligados à prontidão, ao alerta à população e ao processo de evacuação. Para a elaboração do primeiro foram estudadas metodologias de diversos países de destaque na área, em especial Portugal, Espanha, Estados Unidos, Reino Unido e Austrália. Para o segundo, focou-se na aplicação de métodos propostos pela Defesa Civil brasileira, enriquecendo o trabalho com elementos da bibliografia internacional. A partir desta revisão foram definidos os critérios para a aplicação no estudo de caso. O mapeamento do risco foi compilado em mapas de inundação através do software de geoprocessamento ARCVIEW. Os dados necessários para a composição do mapa e dos planos foram obtidos na Cemig e em entrevistas com membros da prefeitura de São Gonçalo e da Defesa Civil Estadual.

## ABSTRACT

The present study aims at preparing Emergence Action Plans (EAP) in order to avoid or to reduce the damages caused by dam breaks by taking into consideration the revision of national and international methodologies. This approach was applied to the case of the Peti dam, located in the Santa Bárbara river, Piracicaba River's watershed, in Minas Gerais. The concrete-made, arch type dam is located in São Gonçalo do Rio Abaixo town the crest's total length is 85,00 m and the maximum height above the foundation is 40,00m. The mapping study of the floodable areas was made through 79 km on the Santa Bárbara and Piracicaba rivers crossing the cities of São Gonçalo do Rio Abaixo, Nova Era and João Monlevade. The upriver from the urban areas and towns of São Gonçalo do Rio Abaixo and Nova Era. The risk management is constituted by four cyclical phases: mitigation, preparation or readiness, response and recuperation. The EAP is a non-structural measure of risk mitigation that has to be prepared in a phase previous to the impact resulted from a flood in order to face up to the risk imposed by the dam on the valley. It consists of five components: detection, taking decisions, notifications, alert/warning, and evacuation. In a valley habited in a river downstream (valley-dam system), the three first components are the dam owner's responsibility, and the last two, the local authority's. In that sense, it is convenient to elaborate two distinct but integrated plans. An internal one, called Dam Emergency Planning, that has detection elements, evaluation and classification of exceptional occurrences, notification, definition of responsibilities, action planning and mapping of downstream risk. The external one, called External Emergency Plan, is more focused on elements connected to the readiness, to the population warning and to the evacuation process. For the elaboration of the first one, methodologies from diverse outstanding countries in the area, especially Portugal, Spain, United States, United Kingdom, and Australia, were studied. For the second one, the focus was on the application of methods proposed by the Brazilian Civil Defense, enriching the work with elements from the international bibliography. From this revision, criteria for the application on the case study were defined. The risk mapping was compiled in flood maps through geoprocessing software ARCVIEW. The necessary data for composing the maps and the plans were obtained at Cemig and from interviews with members of São Gonçalo's city hall and of the State Civil Defense.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3 EVOLUÇÃO MUNDIAL DA GESTÃO DE RISCOS E DE EMERGÊNCIAS DE BARRAGENS</b>	<b>11</b>
3.1 HISTÓRICO DE ACIDENTES E INCIDENTES.....	13
3.1.1 <i>Barragem St. Francis - EUA, 1928</i>	14
3.1.2 <i>Barragem Baldwin Hills – EUA, 1963</i>	15
3.1.3 <i>Barragem Teton – EUA, 1976</i>	16
3.1.4 <i>Barragem de Malpasset – França, 1959</i>	17
3.1.5 <i>Barragem de Vajont - Itália, 1963</i>	18
3.1.6 <i>Barragem de Vega de Tera - Espanha, 1959</i>	20
3.1.7 <i>Barragem de Tous - Espanha, 1982</i>	20
3.1.8 <i>Barragem da Pampulha – Brasil, 1954</i>	21
3.1.9 <i>Barragem de Orós - Brasil, 1960</i>	24
3.1.10 <i>Barragens de Euclides da Cunha e Limoeiro – Brasil, 1977</i>	25
3.1.11 <i>Barragem de Rejeitos da Mineração Rio Verde - Brasil, 2001</i>	24
3.1.12 <i>Barragem de Rejeitos da Indústria de papel Rio Pomba-Cataguases - Brasil, 2003</i>	25
3.1.13 <i>Barragem de Camará - Brasil, 2004</i>	26
3.1.14 <i>Barragem da Mineração Rio Pomba – Brasil, 2007</i>	27
3.1.15 <i>Incidente com a Barragem de Piau – Brasil</i>	29
3.2 RISCO .....	31
3.2.1 <i>Introdução</i>	31
3.2.2 <i>Gerenciamento do Risco e das Emergências</i>	33
3.2.2.1 <i>Gerenciamento do Risco</i>	35
3.2.2.2 <i>Gestão de Emergências</i>	36
3.3 GESTÃO DE RISCOS E EMERGÊNCIAS DE BARRAGENS .....	36
3.3.1 <i>Breve histórico</i>	36
3.3.2 <i>Planos de Emergência na atualidade</i>	40
3.3.3 <i>Gerenciamento de riscos e emergências no Brasil</i>	43
3.3.3.1 <i>O gerenciamento do risco na barragem</i>	43
3.3.3.2 <i>A gestão das emergências no vale</i>	44
3.4 ALGUNS ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS NO MUNDO	45
3.4.1 <i>Classificação das barragens e do risco em outros países</i>	45
3.4.2 <i>Responsabilidades</i>	47
3.5 A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS .....	48
3.5.1 <i>Classificação de barragens</i>	49
3.5.2 <i>Autoridade e Fiscalização</i>	51
3.5.3 <i>A segurança das barragens</i>	53
3.6 LEGISLAÇÃO LIGADA À PROTEÇÃO DA POPULAÇÃO OU À DEFESA CIVIL.....	54

<b>4</b>	<b>PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIAS</b>	<b>59</b>
4.1	INTRODUÇÃO AOS PLANOS DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIAS .....	59
4.2	REVISÃO DOS PLANOS DE EMERGÊNCIA DE BARRAGENS – PEB.....	62
4.2.1	<i>Conteúdo dos Planos de Emergência de Barragens</i>	63
4.2.2	<i>Procedimentos para identificação e análise de situações de emergência</i>	67
4.2.2.1	<i>Avaliação da segurança da barragem</i>	67
4.2.2.2	<i>Níveis de segurança, de alerta ou de emergência</i>	75
4.2.2.3	<i>Modos de falha – Indicadores e seus limites</i>	78
4.2.3	<i>Procedimentos de ação</i>	84
4.2.3.1	<i>Fase de tomada de decisões</i>	85
4.2.3.2	<i>Recursos Humanos – Funções e Responsabilidades dentro do plano</i>	87
4.2.3.3	<i>Recursos materiais</i>	92
4.2.3.4	<i>Fase de notificação</i>	95
4.2.4	<i>Mapas de Inundação</i>	101
4.2.4.1	<i>Zoneamento de Risco</i>	102
4.2.4.2	<i>Formatação dos Mapas de Inundação</i>	108
4.2.5	<i>Cenários de Ruptura</i>	109
4.2.6	<i>Estudo da cheia induzida pela ruptura hipotética</i>	112
4.2.6.1	<i>Formação da brecha e hidrograma gerado</i>	112
4.2.6.2	<i>Condições iniciais de aflúências</i>	117
4.2.6.3	<i>Levantamento de dados</i>	117
4.2.6.4	<i>Modelos de propagação</i>	122
4.2.7	<i>Treinamentos, Atualização e Revisão</i>	125
4.3	REVISÃO DOS PLANOS EMERGÊNCIA EXTERNOS - PEE .....	128
4.3.1	<i>Conteúdo dos Planos de Emergência Externos</i>	130
4.3.2	<i>Avaliação da Situação do Vale e Vulnerabilidades (Onde?, Para quê?)</i>	132
4.3.2.1	<i>Mapeamento de Riscos</i>	135
4.3.2.2	<i>Estimativa de perdas</i>	139
4.3.2.3	<i>Classificação de danos no Brasil segundo o SINDEC</i>	140
4.3.3	<i>Procedimentos de Ações Emergenciais</i>	144
4.3.3.1	<i>Tomada de decisões - Condições e níveis de resposta (o quê? e quando?)</i>	145
4.3.3.2	<i>Centro de operações de emergência da Defesa Civil</i>	146
4.3.3.3	<i>Procedimentos de Alerta e Alarme no vale a jusante</i>	147
4.3.3.4	<i>Deslocamento - Procedimentos de Evacuação</i>	156
4.3.3.5	<i>Representação dos planos de evacuação</i>	157
4.3.3.5	<i>Atribuições (Quem?)</i>	158
4.3.4	<i>Planos operacionais e especializados do Plano de contingência geral (Complementares ao PEE)</i>	163
4.3.5	<i>Disseminação do plano</i>	164
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>169</b>
5.1	REVISÃO DA LEGISLAÇÃO .....	169
5.2	REVISÃO DOS PAES MUNDIAIS E PROPOSTA METODOLÓGICA.....	171
5.3	PASSOS PARA A ELABORAÇÃO DE UM PEB .....	173
5.4	PASSOS PARA A ELABORAÇÃO DE UM PEE .....	175
5.5	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA .....	177
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO – BARRAGEM DE PETI E VALE DO RIO SANTA BÁRBARA</b>	<b>182</b>
6.1	DESCRIÇÃO DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO DE PETI.....	183
6.1.1	<i>Histórico de deteriorações e intervenções</i>	185
6.1.2	<i>Segurança de Barragens e Manutenção Civil na Cemig</i>	189

6.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE .....	190
6.2.1	<i>Aproveitamentos hidrelétricos no vale do Santa Bárbara jusante</i>	192
6.2.2	<i>As inundações e as ações emergenciais em São Gonçalo do Rio Abaixo</i>	192
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>195</b>
7.1	ELABORAÇÃO DO PLANO DE EMERGÊNCIA DA BARRAGEM DE PETI.....	195
7.1.1	<i>Determinação dos cenários de ruptura – Passo 1</i>	195
7.1.2	<i>Mapeamento de áreas inundadas – Passo 2</i>	197
7.1.3	<i>Eventos iniciadores de ações de emergência, ações e responsáveis – Passo 3</i>	199
7.1.4	<i>Coordenação do desenvolvimento do PEB com outras equipes – Passo 4</i>	203
7.1.5	<i>Sistemas de comunicação – Passo 5</i>	204
7.1.6	<i>Fluxograma de notificações – Passo 6</i>	205
7.1.7	<i>Conteúdo e Estrutura – Esboço do plano – Passo 7</i>	206
7.2	PLANO DE EMERGÊNCIA EXTERNO DO MUNICÍPIO SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	242
7.2.1	<i>Levantamento da situação no vale – Passo 1</i>	242
7.2.1.1	<i>Ocupação humana potencialmente atingida pela onda de ruptura.</i>	242
7.2.1.2	<i>Aspectos sócios econômicos</i>	245
7.2.1.3	<i>Saneamento</i>	245
7.2.1.4	<i>Educação</i>	247
7.2.1.5	<i>Plano Diretor Municipal</i>	248
7.2.2	<i>Estruturas de apoio, rotas de fuga e pontos de encontro – Passo 2</i>	250
7.2.2.1	<i>Saúde Pública, Assistência Pré-hospitalar e Atendimento médico e hospitalar</i>	250
7.2.2.2	<i>Transporte e Equipamentos</i>	251
7.2.2.3	<i>Segurança pública</i>	252
7.2.2.4	<i>Abrigos provisórios e acampamentos</i>	252
7.2.2.5	<i>Plano de Evacuação (Zoneamento, Rotas de Fuga e Pontos de Encontro)</i>	253
7.2.2.6	<i>Manejo de Mortos</i>	253
7.2.2.7	<i>Acessos</i>	253
7.2.3	<i>Identificação dos sistemas de comunicação – Passo 3</i>	254
7.2.4	<i>Ações de resposta a emergências a serem tomadas, responsáveis e fluxo de comunicação – Passos 4 e 5</i>	255
7.2.4.1	<i>Controle de cheias na UHE Peti – Situação Atual do processo de comunicação</i>	255
7.2.5	<i>Esboço do PAE – Passo 6</i>	257
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>295</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>300</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>312</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 – Número de desastres atribuídos a inundações, 1975 – 2001</i> .....	01
<i>Figura 1.2 – Número de pessoas mortas em inundações 1975 – 2001</i> .....	02
<i>Figura 3.1 – Barragem Proserpina, do século II, na Espanha</i> .....	11
<i>Figura 3.2 – Número de grandes barragens construídas por década no mundo no século XX, exceto a China</i> ..	12
<i>Figura 3.3 – Imagens colorizadas da barragem de St. Francis antes e depois do acidente</i> .....	14
<i>Figura 3.4 – Vista da Barragem de Baldwin Hills após a sua ruptura</i> .....	16
<i>Figura 3.5 – Parte de uma série de fotos da ruptura de Teton e foto do local após o desastre</i> .....	17
<i>Figura 3.6 – Barragem de Malpasset antes e depois da ruptura</i> .....	18
<i>Figura 3.7 – Barragem de Vajont após a onda que a galgou</i> .....	19
<i>Figura 3.8 – Vista parcial da cidade de Longarone antes e após o desastre</i> .....	19
<i>Figura 3.9 – Galgamento da Barragem de Tous</i> .....	20
<i>Figura 3.10 – Barragem de Tous após a ruptura</i> .....	21
<i>Figura 3.11 – Jato d'água observado pelo então prefeito Juscelino Kubitschek e comitiva no dia 16 de maio</i> ...	22
<i>Figura 3.12 – Aspecto da ruptura da barragem, dia 20 de maio</i> .....	23
<i>Figura 3.13 – Barragem de Orós após a reconstrução</i> .....	24
<i>Figura 3.14 – Barragem de Cataguases antes e depois do acidente</i> .....	25
<i>Figura 3.15 – Orifício que provocou o esvaziamento do reservatório e situação após 11 dias</i> .....	27
<i>Figura 3.16 – Vista da ruptura da barragem</i> .....	28
<i>Figura 3.17 – Vista de área inundada de Mirai</i> .....	28
<i>Figura 3.18 – Vista de área inundada de Mirai</i> .....	29
<i>Figura 3.19 – Ciclo de gerenciamento de riscos e emergências</i> .....	35
<i>Figura 3.20 – Gestão operacional do risco nas barragens e vales a jusante</i> .....	36
<i>Figura 4.1 – Gestão operacional da Segurança integrada Barragem/Vale</i> .....	62
<i>Figura 4.2 – Relação entre probabilidade de ruptura e idade da barragem</i> .....	68
<i>Figura 4.3 – Exemplo de fluxograma de análise preliminar dos dados de instrumentação por sistema informatizado de gerenciamento da instrumentação</i> .....	72
<i>Figura 4.4 – Exemplo proposto de medidas de intervenção para um problema detectado</i> .....	87
<i>Figura 4.5 – Organograma da barragem de Irabia, na Espanha</i> .....	88
<i>Figura 4.6 – Organograma para situações de emergência</i> .....	89
<i>Figura 4.7 – Sala de emergência da barragem de Penacova em Portugal</i> .....	95
<i>Figura 4.8 – Esquema geral de um eventual sistema de notificação Barragem-Vale</i> .....	98
<i>Figura 4.9 – Exemplo de um Fluxograma de notificação para emergências</i> .....	99
<i>Figura 4.10 – Exemplo de notificação adotado pela BCHydro</i> .....	100
<i>Figura 4.11 – Critério de risco <b>proposto por Corestein</b></i> .....	106
<i>Figura 4.12 – Classificação do perigo adotado pelo Bureau of Reclamation</i> .....	107
<i>Figura 4.13 – Níveis de Água de interesse para o planejamento da Defesa Civil</i> .....	128
<i>Figura 4.14 – Zoneamento de emergência para ameaça nuclear no município de Angra dos Reis, RJ</i> .....	136
<i>Figura 4.15 – Mapa de ameaça e áreas potencialmente inundáveis no município de Manhuaçu, MG</i> .....	137
<i>Figura 4.16 - Mapa de risco a deslizamento no município de Ipatinga, MG</i> .....	138

<i>Figura 4.17 – Processo de evacuação.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 4.18 – Fluxo de comunicação entre os envolvidos na Defesa Civil .....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 4.19 – Exemplo de sirene instalada nos Estados Unidos .....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 4.20 – Modelo de sinaleira.....</i>	<i>154</i>
<i>Figura 4.21 – Exemplo de mensagem de alerta a ser divulgada na mídia.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 4.22 – Exemplos de mensagens de alerta e de alarme periódicas para a população .....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 4.23 – Exemplos de Planos de Evacuação do Sistema de Alerta para ruptura de barragens de Turtle Creek, nos EUA.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 4.24 – Guia de evacuação de dos sistema de alerta para ruptura da barragem de Turtle Creek, nos Estados Unidos.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 4.25 – Partes da apostila do ORSEP sobre a convivência das pessoas com as barragens.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 6.1 – Vista da barragem de Peti.....</i>	<i>183</i>
<i>Figura 6.2 – Vista aérea da comunidade de Várzea da Lua .....</i>	<i>191</i>
<i>Figura 6.3 – Vista aérea da área urbana do município de São Gonçalo do Rio Abaixo .....</i>	<i>191</i>
<i>Figura 7.1 – Mancha de inundação na área urbana do município de São Gonçalo .....</i>	<i>244</i>
<i>Figura 7.2 – Novo Acesso ao município pela BR-381.....</i>	<i>254</i>

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1.1 – Histórico de emergências pluviométricas em Minas Gerais entre 2004 e 2007</i>	03
<i>Tabela 3.1 – Distribuição das grandes barragens por país no mundo</i>	13
<i>Tabela 3.1 – Principais legislações dos países estudados</i>	41
<i>Tabela 3.3 – Critérios para aplicação da legislação sobre segurança de barragens ou para a necessidade de elaboração de planos de emergência</i>	45
<i>Tabela 3.4 – Atribuições das autoridades de diversos países no gerenciamento dos riscos de inundações induzidas por barragens</i>	47
<i>Tabela 3.5 – Classificação da consequência de ruptura de barragens</i>	49
<i>Tabela 3.6 – Classificação das barragens conforme DN COPAM 62/2002</i>	51
<i>Tabela 4.1 – Níveis de segurança e situações em que são ativados</i>	76
<i>Tabela 4.2 – Níveis de alerta e o que os disparam</i>	77
<i>Tabela 4.3 – Exemplos de indicadores e os níveis de alerta relacionados</i>	83
<i>Tabela 4.4 – Número Esperado de Vítimas em função do tempo de alerta</i>	103
<i>Tabela 4.5 – Definição das consequências do risco hidrodinâmico</i>	106
<i>Tabela 4.6 – Critérios para graduação do perigo para seres humanos</i>	106
<i>Tabela 4.7 – Nível de perigo para edificações</i>	107
<i>Tabela 4.8 – Parâmetros de formação da brecha</i>	114
<i>Tabela 4.9 – Fórmulas empíricas para cálculo da onda de ruptura</i>	115
<i>Tabela 4.10 – Hidrogramas de ruptura</i>	116
<i>Tabela 4.11 – Distâncias recomendadas entre seções e comprimento total do curso d'água principal a serem considerados para a propagação de onda de ruptura</i>	118
<i>Tabela 4.12 – Equidistância máxima e Escala associada desejadas para profundidades médias envolvidas na propagação</i>	119
<i>Tabela 4.13 – Tipologia dos danos</i>	140
<i>Tabela 4.14 – Níveis de emergência para as ações de resposta da Defesa Civil</i>	146
<i>Tabela 4.15 – Prós e contras dos meios de aviso à população</i>	151
<i>Tabela 4.16 – Exemplo de sistema de alarme adotado para um vale a jusante de barragem</i>	152
<i>Tabela 6.1 – Principais dados técnicos de Peti</i>	184
<i>Tabela 6.2 – Resistência do concreto medida em diferentes anos</i>	188
<i>Tabela 7.1 – Características das seções transversais</i>	195
<i>Tabela 7.2 – Resultados da propagação da onda de ruptura – cenário 1</i>	197
<i>Tabela 7.3 – Níveis de perigo para seres humanos adotado baseado na profundidade</i>	198
<i>Tabela 7.4 – Níveis de perigo para seres humanos adotado baseado no risco hidrodinâmico</i>	198
<i>Tabela 7.5 – Edificações e ruas potencialmente atingidas por localidade</i>	243
<i>Tabela 7.6 – Distribuição populacional nas áreas potencialmente em risco</i>	244
<i>Tabela 7.7 – Quantidade de pessoas por tipo de abastecimento de água</i>	246
<i>Tabela 7.8 – Quantidade de pessoas atendidas por tipo de instalação sanitária</i>	246
<i>Tabela 7.9 – Destino do lixo da população por número de pessoas</i>	247
<i>Tabela 7.10 – Índices de alfabetização da população</i>	247

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APAE	Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais
CBDB	Comitê Brasileiro de Barragens
CCR	Concreto Compactado com Rolo
CEDEC	Coordenadoria Estadual de Defesa Civil
CEM	Centrais Elétricas Mantiqueira
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
COD	Centro de Operação da Distribuição
COE	Entro de Operações de Emergência
COEDC	Centro de Operações de Emergência da Defesa Civil
COMDEC	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
COPAM	Conselho de Política Ambiental
COS	Centro de Operação do Sistema
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disaster
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DEFRA	Department for Environment, Food & Rural Affairs
DN	Deliberação Normativa
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DOE	Department of Ecology
EMA	Emergency Management Australia
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEMA	Federal Emergency Management Agency
FERC	Federal Energy Regulatory Commission
H	Profundidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICOLD	Internation Commission of Large Dams
INAG	Instituto Nacional da Água de Portugal
IO	Instrução Operativa
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MDT	Modelo Digital do Terreno
MI	Ministério da Integração Nacional
NRM	Department of Natural Resources and Mines
NWS	National Weather Service
ONG	Organização Não Governamental
ONS	Operador Nacional do Sistema
ORSEP	Organismo Regulador de Seguridad de Presas
PAE	Plano de Ações Emergenciais

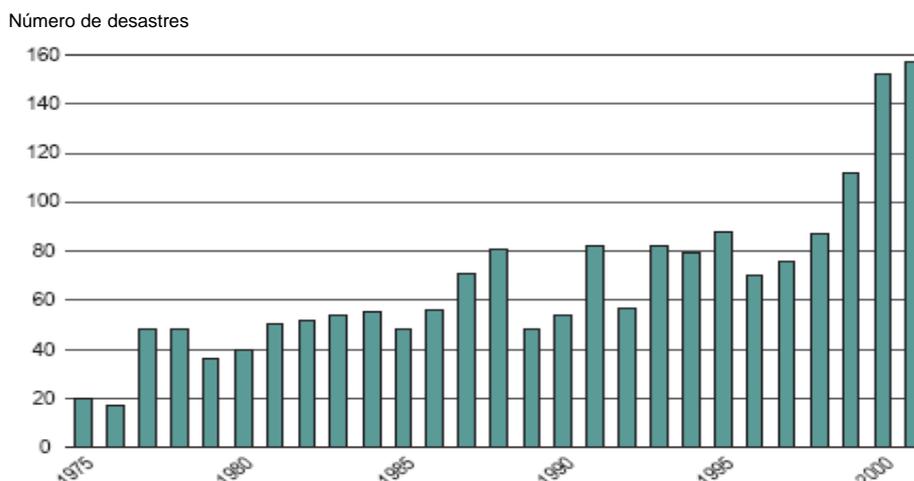
PEB	Plano de Emergência de Barragens
PEE	Plano de Emergência Externo
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PO	Procedimento Operacional
PSF	Programa de Saúde da Família
SANEAGO	Saneamento de Goiás S/A
SEDEC	Secretaria Nacional de Defesa Civil
SEVOR	Serviço Voluntário de Resgate
SGRA	São Gonçalo do Rio Abaixo
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINDEC	Sistema Nacional de Defesa Civil
SIPRON	Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro
SNISB	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
SOSEm	Sistema de Operação em Situação de Emergência
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UHE	Usina Hidrelétrica
UNDRO	United Nations Disaster Relief Organization
USACE	United States Army Corp of Engineers
USBR	United States Bureau of Reclamation
V	Velocidade do fluxo
WCD	World Comission on Dams
ZAS	Zona de Auto Salvamento

# 1 INTRODUÇÃO

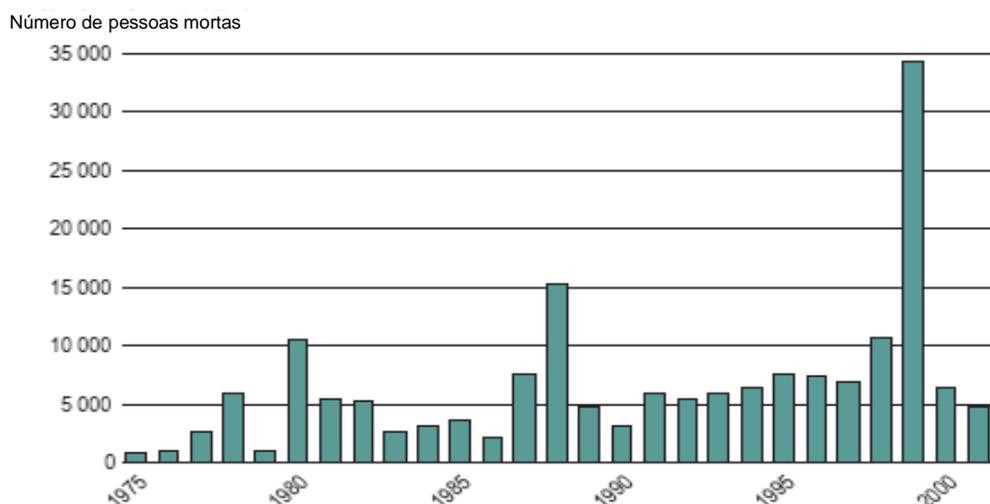
“Desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais” (CASTRO, 1999a). Dentre os tipos de desastres possíveis, encontram-se as inundações.

As inundações são transbordamentos de água provenientes de rios, lagos e açudes, provocando o alagamento temporário de terrenos, normalmente secos, como conseqüência de um aporte atípico de um volume de água superior ao habitual, o que pode provocar danos a pessoas e bens. Quando extensas, destroem ou danificam plantações, residências e indústrias, e exigem um grande esforço para garantir o salvamento de animais e pessoas. Essa situação de crise é mais agravada pelos prejuízos que sofrem os serviços essenciais, especialmente os relacionados à distribuição de energia elétrica, ao saneamento básico e à saúde.

Segundo o guia da Organização das Nações Unidas (United Nations) para redução de perdas devido a inundações (UNITED NATIONS, 2002), as inundações, dentre todos os desastres naturais do mundo, têm o maior potencial de causar danos. Elas lideram todos os desastres no número de pessoas afetadas e nas perdas econômicas resultantes, com números que chegam a taxas alarmantes. As Figuras 1.1 e 1.2 mostram a quantidade de desastres atribuídos a inundações e de vítimas humanas por ano no mundo. Mais do que nunca, existe a necessidade de que os responsáveis pelas tomadas de decisão da sociedade adotem soluções para a gestão de desastres envolvendo inundações. Esses tomadores de decisões são formados pelos governantes e demais autoridades ligadas à defesa civil e à proteção da população.



**Figura 1.1** – Número de desastres atribuídos a inundações, 1975 – 2001 (UNITED NATIONS, 2002)



**Figura 1.2** – Número de pessoas mortas em inundações 1975 – 2001 (UNITED NATIONS, 2002)

Segundo o Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), no Brasil, desde 1948, morreram 5905 pessoas em grandes inundações naturais<sup>1</sup>. Foram considerados 90 eventos, totalizando mais de 13 milhões de atingidos e mais de 4,6 bilhões de dólares de perdas (EM-DAT, 2007).

Em Minas Gerais, a inundação representa uma das ameaças mais graves à população. Em 2007, foram notificados à Secretaria Nacional de Defesa Civil 26 desastres no estado, dos quais 17 tiveram como causa eventos associados a inundações e um devido à ruptura de uma barragem de rejeito (MI, 2007). Nesses 18 desastres, foram mais de 70.000 pessoas afetadas e é fundamental que a defesa civil esteja preparada para lidar com desastres dessa natureza. Somente no período de outubro de 2006 a março de 2007, os danos econômicos devido a inundações, vendavais e escorregamentos atingiram R\$1.167.378.773 nos 310 municípios afetados (MI, 2007). A Coordenadoria Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais apresenta o histórico de dados relativos a emergências pluviométricas no estado, conforme indicado na Tabela 1.1.

<sup>1</sup>Foram considerados desastres naturais que atendessem pelo menos um desses critérios: (i) 10 ou mais mortos; (ii) 100 ou mais atingidos; (iii) pedido de assistência internacional ou declaração de estado de emergência (EM-DAT, 2007).

**Tabela 1.1** – Histórico de emergências pluviométricas em Minas Gerais entre 2004 e 2007 (CEDEC/MG, 2007)

Ano		2004	2005	2006	2007
Municípios em situação de anormalidade		341	230	155	311
Danos humanos	Vítimas fatais	20	18	16	26
	Feridos	629	298	153	301
	Desabrigados	7495	9.090	6.100	14.771
	Desalojados	22.942	42.993	14.604	54.331
Danos materiais	Casas destruídas	1.130	685	1.211	1.521
	Casas danificadas	9.599	13.107	6.050	9.568
	Pontes destruídas	259	306	212	710
	Pontes danificadas	599	449	201	943
Danos econômicos (R\$)		-	-	-	1.167.378.773,00

O Manual de Desastres Naturais do Ministério da Integração Nacional do Brasil classifica as inundações em função da magnitude e de sua evolução temporal (CASTRO, 2003). Quanto à magnitude, as inundações podem ser (i) excepcionais, (ii) de grande magnitude, (iii) normais ou regulares e (iv) de pequena magnitude. Em função da evolução, são classificadas em: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar. Dentre as inúmeras causas destacam-se:

- Grandes volumes de precipitação;
- Elevação do leito dos rios por assoreamento;
- Redução da capacidade de infiltração do solo devido à impermeabilização;
- Estrangulamento dos leitos dos rios causado por deslizamentos;
- Ocupações humanas indevidas das planícies de inundação; e
- Ruptura de barragens ou operação dos dispositivos de extravasão em situações extremas.

Cheias ao longo dos vales são eventos comuns que se repetem periodicamente, de maior ou menor magnitude. Inúmeras estruturas são construídas frequentemente para interferir na natureza dos cursos d'água. Algumas delas, como as barragens, exercem papel importante nas estratégias de gestão dos recursos hídricos por permitirem um melhor aproveitamento dessas cheias sazonais regularizando as vazões. Além de garantir maior segurança para a população, as barragens exercem um impacto positivo no bem estar dos indivíduos, por permitir a geração de energia, o abastecimento de água, favorecer a agricultura, a navegação e o lazer.

A construção das barragens, entretanto, impõe alguns impactos negativos que podem ser agrupados da seguinte forma (ALMEIDA, 2001):

- Impactos imediatos ou de 1ª ordem, decorrentes da inundação do vale a montante da barragem pelo reservatório e a eventual transferência de populações;
- Impactos de 2ª ordem, decorrentes da alteração do regime natural das cheias ou das vazões no vale resultantes da operação das barragens;
- Impactos de 3ª ordem, decorrentes da ameaça de uma eventual falha de segurança na barragem e da conseqüente ruptura total ou parcial desta.

A implantação de reservatórios cumpre seu papel de propiciar uma considerável regularização da vazão, o que faz com que as cheias de menor porte sejam absorvidas, reduzindo, num primeiro momento, o impacto a jusante. Dessa forma, áreas que eram freqüentemente inundadas passam a ser mais protegidas e mais habitadas. O aumento do número de pessoas vivendo ao longo desses vales e planícies a jusante gera, muitas vezes, uma ocupação urbana densa e contribui para elevar a vulnerabilidade dessas zonas. Trata-se de um processo dinâmico, que pode ocorrer de forma desordenada, por meio da invasão de áreas legalmente protegidas ou, em outros casos, seguindo as diretrizes equivocadas da administração pública.

Paradoxalmente há um aumento do risco às pessoas devido à propagação de grandes vazões associadas a eventos chuvosos de período de retorno elevado, ao deplecionamento rápido do reservatório ou um acidente na barragem.

As barragens apresentam uma grande capacidade potencial de causar danos sérios ao vale a jusante, devido ao grande volume de água ou rejeitos concentrados em seus reservatórios. Só no século XX foram registrados cerca de 200 acidentes graves com barragens no mundo, que causaram a morte de mais de 8.000 pessoas e deixaram outras milhares desabrigadas. Incidentes e rupturas de conseqüências trágicas, ocorridos na Europa e nos Estados Unidos entre as décadas de 50 e 70 (Malpasset, França, 1959; Vajont, Itália, 1963; Baldwin Hills e Teton, Estados Unidos, 1951 e 1976), tiveram grande importância para o desenvolvimento das políticas de segurança de barragens e de vales e dos estudos de ruptura e propagação em seus respectivos países, possibilitando um controle mais rigoroso do comportamento das barragens.

A Engenharia de monitoramento e observação de obras hidráulicas desenvolveu-se bastante nas últimas décadas, produzindo um importante avanço tecnológico, influenciando nos critérios de projeto, construção e exploração. Até os anos 50, existiam no mundo poucas regulamentações relativas à segurança de barragens e dos vales a jusante; nesse período, alguns acidentes na Europa e nos Estados Unidos deram origem a um controle do comportamento dessas estruturas com base em instrumentos legais. Até aquele momento, o

campo da segurança de barragens considerava apenas a segurança das próprias estruturas, sem incluir a hipótese de um provável cenário de acidente, como uma ruptura do barramento. O vale a jusante era considerado imperturbável. A partir de então, entrou-se no que Almeida (1999) chama de segunda e terceira fases na evolução dos regulamentos de segurança de barragens, quando se começou a considerar a segurança do vale a jusante, seus riscos potenciais de inundação, estudo de perdas econômicas e de vidas humanas. A gestão de riscos e emergências passou a ser considerada, motivando a elaboração de Planos de Ações Emergenciais (PAE).

Durante as décadas de 70 e 80, nos Estados Unidos, agências federais, como o Bureau of Reclamation (USBR), produziram um elevado número de recomendações e procedimentos técnicos aplicáveis às barragens, destacando-se os critérios para fixação das cheias de projeto tendo em conta os efeitos no vale a jusante e os planos de emergências e de evacuação. Na Europa, a França e a Espanha apresentaram suas primeiras regulamentações referentes à segurança de barragens em 1966 e 1967, respectivamente, mas foi a década de 90 a mais marcante no desenvolvimento desses documentos. Nesse período, vários países europeus promulgaram ou iniciaram estudos de novas regulamentações ou normas técnicas de segurança considerando as conseqüências nos vales a jusante e a elaboração de planos de emergência e de sistemas de alerta às populações. Foi o caso de Portugal, em 1990, Suécia, Finlândia e Noruega, em 1997, e a própria França e a Espanha, com a revisão de seus regulamentos, em 1994 e 1996, respectivamente.

Nessa fase, iniciada na década de 90, começou-se a unir a segurança da barragem e do vale, em termos da preparação de um plano integrado de emergência e evacuação, com sistemas de alerta, treinamentos e exercícios, tendo por base o estudo de zonas inundáveis e dos danos esperados a partir de cenários de ruptura. Foram iniciados, ainda, questionamentos relativos à informação e participação pública, critérios para o uso e ocupação do solo e gerenciamento do risco.

Apesar dos diversos custos potenciais resultantes de danos materiais ou da perda de benefícios diretos, a perda de vidas humanas é, na escala dos danos, a mais significativa. As conseqüências da ruptura de uma barragem são geralmente de uma gravidade tal que só a possibilidade de falha implica uma altíssima responsabilidade, tanto para os técnicos encarregados do seu projeto, operação e controle, que devem se esforçar ao máximo para minimizar esse risco, quanto para as autoridades públicas, que devem assegurar os recursos humanos e econômicos imprescindíveis para sua gestão.

Como não existe risco zero, é necessário gerenciá-lo por meio de ações orientadas a mantê-lo em níveis socialmente aceitáveis. Essa gestão é tratada de forma distinta em cada país, ou melhor, em cada grupo de pessoas. As soluções são muito específicas e dependem da forma como as autoridades e as populações percebem os riscos e dos recursos disponíveis para se prepararem (estruturas de previsão de desastres, de defesa civil ou recursos financeiros). Essas estratégias influenciam diretamente o grau de vulnerabilidade do vale. Os procedimentos para o gerenciamento do risco e as respostas a situações de emergência geralmente são materializados em documentos chamados Planos de Ações Emergenciais ou Planos de Atendimento a Emergências (PAE).

Segundo Martins (2000), a possibilidade de proteger vidas humanas em caso de uma ruptura de barragem depende de três fatores: o tipo da barragem (terra ou concreto), a distância entre ela e as áreas habitadas e a existência de sistemas de alerta. Uma sociedade que deseja um sistema de alerta civil eficiente tem no PAE uma ferramenta essencial, na qual são identificados e compilados em documento único os procedimentos e ações que devem ser tomados para mitigar riscos e responder com eficácia às emergências resultantes de desastres que possam ameaçar a segurança das populações.

O sucesso dos PAEs em certos países se deve ao fato de estarem acostumados a lidar com ameaças frequentes de algum tipo de fenômeno natural (climáticos, terremotos, vulcões) ou de guerras e terrorismo, e ao seu grau de desenvolvimento econômico e cultural.

Em países com uma herança sócio-cultural advinda de governos autoritários e/ou populistas, como é o caso dos sul-americanos, inclusive o Brasil, o Estado centralizava as informações relativas a riscos e desastres, o que resultou em desconhecimento e fez com que as populações negligenciassem significativamente ameaças naturais e tecnológicas. Características sócio-culturais como essas, associadas a situações de pobreza, levaram muitas pessoas a ocuparem áreas com risco potencial de inundações, dificultando significativamente a gestão do risco nessas regiões. Assim, uma abordagem relativa à mitigação de riscos, preparação da população e implantação de planos de ações emergenciais, principalmente a jusante de barragens, é um assunto político e socialmente muito delicado e que sempre exigiu muita cautela. Esse fato, associado à inexistência de uma legislação específica para o assunto, propiciou o fraco desenvolvimento desses planos.

Embora em 1960 houvesse acontecido a ruptura da barragem de Orós, no Ceará, com um número de vítimas não oficial estimado em 1000 pessoas, somente nos últimos anos, com o

colapso das barragens da Mineração Rio Verde, em 2001, da indústria Rio Pomba-Cataguases, em 2003 e de Câmara, em 2004, a sociedade brasileira foi alertada para o problema das catástrofes associadas a essas estruturas hidráulicas. Esses acidentes aumentaram a discussão pública e política no Brasil sobre a segurança das estruturas barragens e das populações a jusante.

O Brasil ainda não conta com uma legislação específica relativa à segurança de barragens e de vales a jusante. O que existe atualmente, em tramitação no Congresso Nacional, é o Projeto de Lei 1.181/2003, o qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens SNISB - (BRASIL, 2003). Existem também alguns artigos da Constituição Federal de 1988 que tratam da segurança e dos direitos da população e deveres do Estado (BRASIL, 2006) e a Lei de Crimes Ambientais, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998). Há também normas nos estados da federação, como as Deliberações Normativas do COPAM n°62/2002 e n° 87/2005, que tratam de critérios de classificação de barragens no estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2002 e MINAS GERAIS, 2005).

A Política Nacional de Segurança de Barragens tem, entre seus objetivos, o de garantir a observância de padrões mínimos de segurança de barragens de maneira a reduzir as possibilidades de acidentes e suas conseqüências, visando à proteção da população e do meio-ambiente. A PNSB prevê a criação do Plano de Segurança da Barragem, que requer, entre outras informações, o Plano de Ação Emergencial para as barragens classificadas como “danos potenciais altos”.

Um dos fundamentos da PNSB, que vai de encontro ao que é aplicado mundialmente, é de que o proprietário da barragem é o responsável pela sua segurança, devendo desenvolver ações para garantir isso. Essas ações devem se sustentar em três pilares básicos:

- O projeto e a construção corretos;
- A manutenção e o controle do comportamento durante a fase de operação (segurança técnico-operacional, monitoramento e vigilância) – *Mitigação do Risco*;
- A preparação para atuar eficientemente e a tempo se ocorrer uma emergência (gestão do risco e das emergências) – *Preparação e Resposta a situações de emergência*.

Em relação à organização do vale para responder a desastres como as inundações, o Brasil conta com o Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC. Os órgãos que o constituem objetivam à redução dos desastres ou a dos seus efeitos e têm, entre suas finalidades: planejar e promover a defesa permanente contra desastres naturais, antropogênicos e mistos; atuar na iminência e em circunstâncias de desastres; prevenir ou minimizar danos, socorrer e assistir populações afetadas, e reabilitar e recuperar os cenários dos desastres (BRASIL, 2005).

O aumento da discussão relativa aos riscos impostos à sociedade pela implantação de reservatórios, associado ao amadurecimento das leis de segurança de barragens e políticas de proteção civil, demanda maior preparo dos proprietários de barragens e das autoridades de defesa civil. Torna-se necessário um maior conhecimento sobre os procedimentos de gestão dos riscos para se implantar nacionalmente planos que efetivamente servirão para proteger a população.

Neste trabalho é apresentada uma revisão bibliográfica da legislação de outros países relativa à segurança de barragens e vales a jusante, a fim de aumentar a compreensão do que é legalmente estabelecido no mundo e do que está sendo proposto para o Brasil.

Serão apresentados também métodos para elaboração de Planos de Atendimento a Emergências relacionadas à ruptura de barragens, aplicável a usinas hidrelétricas, baseada na revisão da bibliografia disponível em países que se destacam sobre o assunto.

Este trabalho é composto por oito capítulos. O presente capítulo se refere à **Introdução**, onde se descreve o conteúdo da pesquisa, os antecedentes, as motivações para o trabalho realizado assim como a forma como está organizado o texto.

No Capítulo 2, **Objetivos**, são descritos o objetivo geral e objetivos específicos que nortearam a realização da pesquisa.

Segue-se o Capítulo 3, **Evolução mundial da gestão de riscos e de emergências de barragens**, constitui a primeira parte da revisão bibliográfica onde se apresentam alguns casos históricos de ruptura, num âmbito mundial, com enfoque naqueles que motivaram a criação ou alterações na legislação de segurança de barragens e de gestão de emergências em seus países. Foram discutidos os conceitos sobre o gerenciamento de riscos e de emergências e como foi a sua evolução nos países pesquisados. Esse capítulo trata ainda de aspectos da legislação pertinente ao tema. A ênfase é sobre a classificação de barragens e do risco, as responsabilidades por cada fase do processo e pela segurança das barragens e do vale.

O Capítulo 4, **Planos de Atendimento a Emergências**, é a segunda parte da revisão bibliográfica e constitui o núcleo e um dos principais produtos do presente trabalho. Inicialmente é feita uma breve introdução aos Planos de Atendimento a Emergências onde se justifica a necessidade de dividi-los em Plano de Emergência da Barragem e Plano de Emergência Externo (à barragem). A revisão dos elementos que compõem cada plano foi estruturada em tópicos previamente definidos.

No Capítulo 5, **Materiais e Métodos**, são apresentados os métodos utilizados para realizar a revisão bibliográfica e consolidar as informações obtidas a fim de compor a base metodológica para elaboração de planos de emergências de barragens e vales a jusante. Em seguida são propostos passos a serem seguidos na elaboração dos respectivos planos. Esse capítulo trata ainda dos métodos de aplicação dessas metodologias a um sistema vale-barragem.

O Capítulo 6, **Estudo de Caso**, refere-se ao estudo de caso utilizado para a aplicação dos métodos propostos. Engloba uma breve caracterização do aproveitamento hidrelétrico de Peti, no vale do rio Santa Bárbara, e do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, imediatamente a jusante daquela barragem.

No Capítulo 7, **Resultados e Discussão**, os métodos são efetivamente aplicados e são apresentados os Planos de Emergência da Barragem e o Externo, para a UHE Peti e para o município de São Gonçalo do Rio Abaixo, respectivamente. Nesse capítulo, parte do texto possui formatação não tradicional e representa a formatação desejada dos planos de emergência esboçados.

Finalmente, no Capítulo 8, **Conclusões e Recomendações**, são apresentadas as conclusões deste trabalho e algumas recomendações para estudos futuros.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 *Objetivo geral***

O objetivo geral deste trabalho é propor uma metodologia para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações originadas a partir da ruptura de barragens e aplicar a metodologia proposta a um vale com barragem construída para fins de geração de energia elétrica.

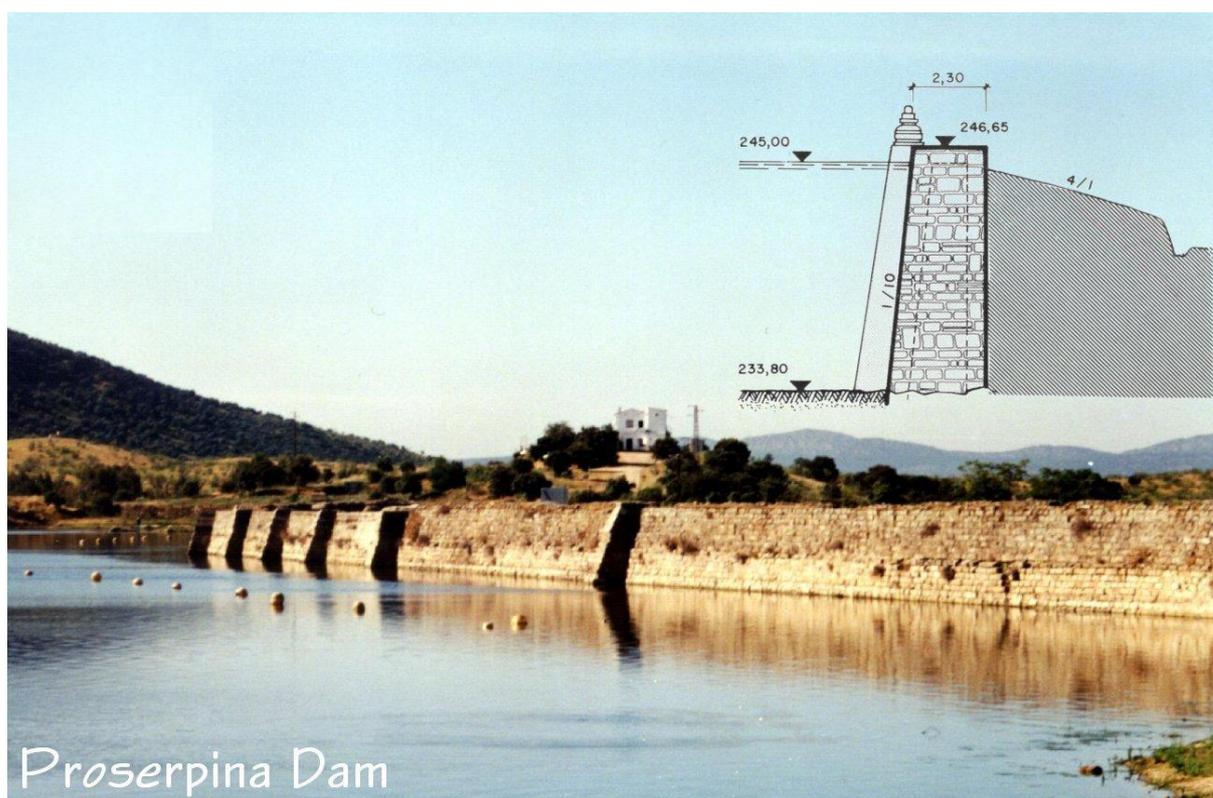
### **2.2 *Objetivos específicos***

Os objetivos específicos que compõem esta pesquisa são:

- Desenvolver, na aplicação da metodologia, um estudo de caso esboçando o Plano de Emergência da Barragem de Peti; e
- Desenvolver, na aplicação da metodologia, um estudo de caso esboçando o Plano de Emergência Externo para inundações induzidas por barragens no município de São Gonçalo do Rio Abaixo, no vale do rio Santa Bárbara, em Minas Gerais.

### 3 EVOLUÇÃO MUNDIAL DA GESTÃO DE RISCOS E DE EMERGÊNCIAS DE BARRAGENS

A história indica que as barragens são vitais para o desenvolvimento das sociedades humanas há mais de 5000 anos, como evidenciado nos berços da civilização, na Babilônia, Egito, Índia, Pérsia e extremo oriente (JANSEN, 1980). Os romanos construíram inúmeras represas durante o período que perdurou seu vasto império e algumas, como a barragem espanhola de Proserpina, do século II, permanecem em operação até hoje (Figura 3.1).

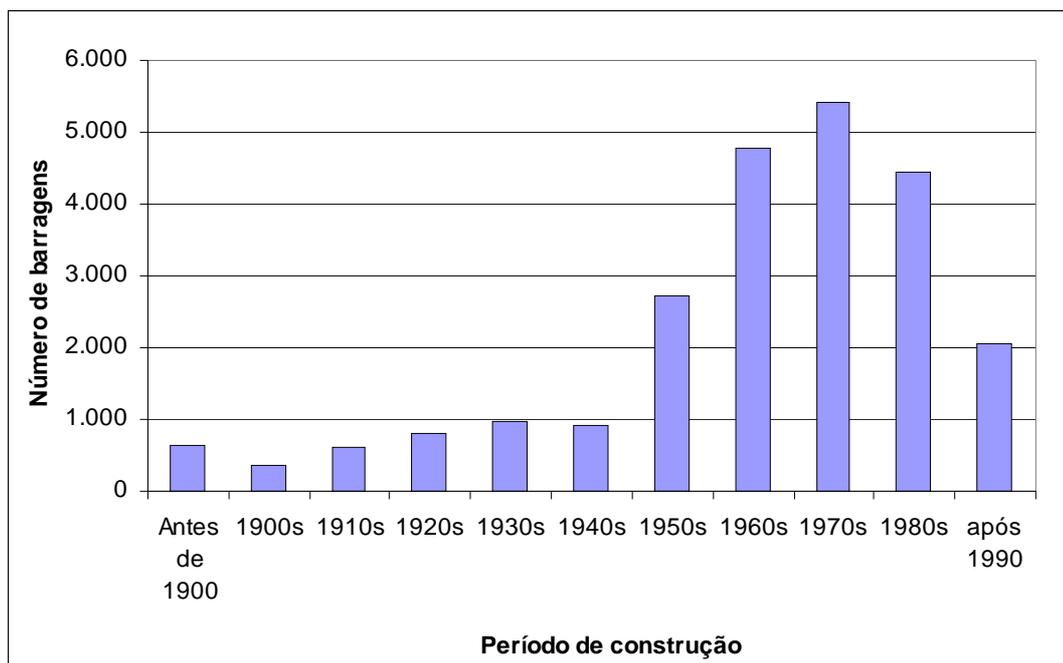


**Figura 3.1** – Barragem Proserpina, do século II, na Espanha (DE CEA, 2006)

Durante os séculos seguintes, inúmeros reservatórios foram implantados, porém a maioria dos que existem hoje foi construída no século XX. A Figura 3.2 mostra a evolução da quantidade de grandes barragens construídas por década no mundo, com exceção da China. O expressivo aumento observado entre as décadas de 50 e 80 coincide com o período de desenvolvimento econômico e tecnológico vivido por muitos países, inclusive o Brasil.

O Comitê Internacional de Grandes Barragens (ICOLD) considera grandes barragens aquelas que atendam a pelo menos um destes critérios: altura maior que 15 metros; altura entre 10 e

15 metros e comprimento maior que 500 metros ou volume do reservatório maior que 1 hm<sup>3</sup> ou vazão de projeto do vertedouro maior que 2000 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 3.2** – Número de grandes barragens construídas por década no mundo no século XX, exceto a China (ICOLD, 1998)

A Tabela 3.1, publicada pela Comissão Mundial de Barragens (World Commission on Dams – WCD) a partir da compilação de dados do ICOLD e outras fontes, apresenta a distribuição de grandes barragens por país no mundo. Esses dados não representam a totalidade de barragens existentes em cada país, uma vez que parte dos registros é voluntária. Assim, as listas podem estar subnotificadas e incompletas, além de não incluírem as pequenas barragens. O Brasil possui, atualmente, mais de 600 grandes barragens. Estima-se que existam no país cerca de 300.000 barragens de todos os tipos e tamanhos (MENESCAL *et al.*, 2005a).

Os países que se destacaram na construção de barragens também tiveram mais experiências negativas relacionadas a acidentes envolvendo essas estruturas, o que os torna atrativos para estudos sobre o tema. Os Estados Unidos são uma importante referência, já que possuem uma expressiva quantidade de barragens e casos de acidentes relatados e estudados. Outros países, como a China, apresentam poucos registros oficiais de suas barragens e acidentes relacionados.

**Tabela 3.1 – Distribuição das grandes barragens por país no mundo (WCD, 2000)**

	País	Registro Mundial de Barragens do ICOLD de 1998	Outras fontes	Porcentagem do total de barragens	Porcentagem acumulativa
1	China	1855	22000	46,2	46,2
2	Estados Unidos	6375	6575	13,8	60,0
3	Índia	4011	4291	9,0	69,0
4	Japão	1077	2675	5,6	74,6
5	Espanha	1187	1196	2,5	77,1
6	Canadá	793	793	1,7	78,8
7	Coréia do Sul	765	765	1,6	80,4
8	Turquia	625	625	1,3	81,7
9	Brasil	594	594	1,2	82,9
10	França	569	569	1,2	84,1
11	África do Sul	539	539	1,1	85,2
12	México	537	537	1,1	86,3
13	Itália	524	524	1,1	87,4
14	Reino Unido	517	517	1,1	88,5
15	Austrália	486	486	1,0	89,5
16	Noruega	335	335	0,7	90,2
17	Alemanha	311	311	0,7	90,9
18	Albânia	306	306	0,6	91,5
19	Romênia	246	246	0,5	92,0
20	Zimbábwe	213	213	0,4	92,4
	Outros	3558	3558	7,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>25423</b>	<b>47655</b>	<b>100</b>	

### **3.1 Histórico de acidentes e incidentes**

Até 1950 foram registrados, globalmente, 117 rupturas (excetuando-se a China), que correspondem a 2,2% das barragens construídas até então. Desse total, a maior parte foi de barragens construídas entre as décadas de 1910 e 1920 (ICOLD, 1995). Já a porcentagem de ruptura de barragens construídas no período entre 1951 e 1986 foi de 0,5% (59 em 12.138 registradas). O Anexo A apresenta uma listagem de casos históricos de acidentes com barragens que originaram vítimas.

Dentre as centenas de casos de ruptura ocorridos ao longo da história, pretende-se neste item discutir alguns casos famosos de falhas ou operações críticas, envolvendo barragens de diferentes tipos e características. Esses casos foram escolhidos dada sua grande importância

para o desenvolvimento de políticas de segurança de barragens e de vales e de estudos de ruptura e propagação em seus respectivos países.

Chamam a atenção alguns casos ocorridos no Brasil, como o da barragem da mineração Rio Verde, em Minas Gerais, no ano de 2001, da barragem de rejeitos da indústria Cataguases, no ano de 2003, e da barragem de Camará, no ano de 2004.

### **3.1.1 Barragem St. Francis – Estados Unidos - 1928 (JANSEN, 1980)**

A barragem St. Francis era de concreto gravidade arqueada, com 62,5 m de altura. Localizada 72 km ao norte de Los Angeles, fazia parte do sistema de abastecimento de água dessa cidade, tendo rompido na noite de 12 de março de 1928. O enchimento do reservatório começou em 1926 e atingiu seu máximo (46,9 hm<sup>3</sup>) em 5 de março de 1928. A Figura 3.3 mostra imagens da estrutura, antes e depois do rompimento.

Não houve alerta e aproximadamente 450 pessoas morreram a jusante. A ruptura ocorreu de forma súbita e, em cerca de 70 minutos, o volume praticamente total do reservatório foi liberado para jusante. A onda propagou-se por aproximadamente 84km até o oceano Pacífico e atingiu sua altura máxima de 38 metros a cerca de 1,6 quilômetro da barragem. A vazão de pico imediatamente a jusante da barragem foi estimada como sendo superior a 14.000 m<sup>3</sup>/s.

Uma das possíveis causas atribuída ao acidente foi o deslizamento da ombreira esquerda, cuja fundação que não suportou a força exercida pela barragem e pela água, devido às características geológicas do local. Dias antes da ruptura, foram detectadas trincas, alguns vazamentos pela estrutura e surgências pela fundação. Algumas medidas de investigação das causas desses problemas foram tomadas e notificadas, mas não se julgou que a estrutura estivesse ameaçada.



**Figura 3.3** – Imagens colorizadas da barragem de St. Francis antes e depois do acidente  
(ROGER, 2006)

### **3.1.2 Barragem Baldwin Hills – Estados Unidos - 1963 (JANSEN, 1980)**

Essa barragem foi construída para o abastecimento de água de Los Angeles, Califórnia, entre os anos de 1947 e 1951, e tinha 12 anos quando se rompeu em 14 de dezembro de 1963 (Figura 3.4). O reservatório era delimitado por diques de terra compactada em três de seus lados, com o quarto lado sendo fechado pela barragem, de 71 m de altura e 198 m de comprimento.

O início do processo de ruptura foi repentino, e ocorreu após um significativo deslocamento atribuído à fraqueza de sua fundação, e não a sismos no local. A brecha iniciou-se pela infiltração de água pelo maciço seguida de erosão tubular regressiva (piping). Entre a detecção do fenômeno pelo operador (11:15 horas) e o início do esvaziamento do reservatório, levou-se aproximadamente uma hora. Foi estimado que o deplecionamento deveria levar cerca de 24 horas.

A polícia local foi imediatamente avisada e alertada para evacuar as áreas a jusante. Carros de polícia e motocicletas percorreram a zona sob perigo, usando sirenes e alertando pessoalmente os moradores a deixarem suas casas, além de fecharem as ruas ao tráfego.

Cerca de três horas após a detecção da falha, alertas passaram a ser emitidos via rádio e televisão. Foram utilizados ainda helicópteros equipados com auto-falantes. Às 15:20 horas (quatro horas depois da detecção), cerca de 1600 pessoas tinham deixado a área.

Houve tentativas inúteis de conter a evolução da ruptura por meio do lançamento de sacos de areia. Às 15:38 horas, uma grande massa de água e sedimentos desceu em direção à cidade e, em um pouco mais de uma hora, o reservatório foi esvaziado. Cinco pessoas morreram, 41 casas foram destruídas e outras 986 danificadas.



**Figura 3.4** – Vista da Barragem de Baldwin Hills após a sua ruptura (JANSEN, 1980)

### **3.1.3 Barragem Teton – Estados Unidos - 1976 (JANSEN, 1980)**

A barragem Teton, de propriedade do Bureau of Reclamation dos Estados Unidos, rompeu em 5 de junho de 1976, durante o seu primeiro enchimento, quando o reservatório estava quase cheio. A barragem, situada no rio Teton, no estado de Idaho, nos Estados Unidos, era de terra com altura de 123 metros e volume do reservatório de 356 hm<sup>3</sup>. O enchimento foi iniciado em 3 de outubro de 1975 e continuou até o dia de sua ruptura em junho de 1976.

Este é um caso muito documentado, com registros detalhados da ruptura e dos eventos que a antecederam, tendo servido durante muitos anos de parâmetro para estudos de outras barragens.

O problema começou com a percolação de água do reservatório pela fundação junto à ombreira direita, tendo sido identificadas surgências a jusante da barragem. Essa percolação evoluiu, atingindo o maciço de terra e provocando a erosão tubular regressiva (piping). Esse fenômeno provocou a formação da brecha de ruptura com 190 metros de largura. O tempo entre a detecção do “piping” no talude a jusante da barragem e a sua ruptura foi de pouco mais de 2 horas. A vazão máxima liberada foi de cerca de 66.000 m<sup>3</sup>/s e a maior parte do reservatório esvaziou-se em aproximadamente 5 horas.

Onze pessoas perderam a vida devido à onda de inundação que atingiu as cidades a jusante.



**Figura 3.5** – Parte de uma série de fotos da ruptura de Teton e foto do local após o desastre (SYLVESTER, 2007)

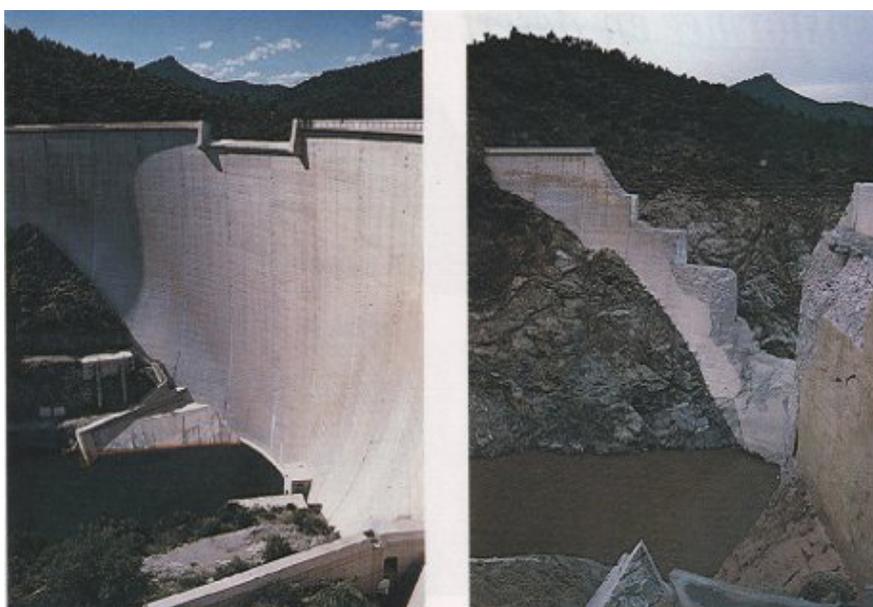
### **3.1.4 Barragem de Malpasset – França - 1959 (JANSEN, 1980)**

Malpasset era uma barragem em arco de 61 metros de altura localizada na Riviera, no distrito de Cannes próximo de Fréjus, no sudeste da França, que rompeu no dia 2 de dezembro de 1959. A onda de cheia percorreu 11 quilômetros até o Mediterrâneo, causando 421 mortes.

O início do enchimento do reservatório, que contava com um volume total de 22 hm<sup>3</sup>, se deu em 1954. Em novembro de 1959, o operador descobriu uma surgência na ombreira direita, 20 metros a jusante da barragem. Era o início do período chuvoso e o nível de água do

reservatório estava aumentando diariamente, até que, em 2 de dezembro, alcançou seu máximo normal de operação.

Não houve testemunhas do rompimento no local, mas estudos posteriores indicam que o processo foi praticamente instantâneo, causado principalmente pela elevação da poropressão da água na rocha da fundação e consequente separação da barragem de sua fundação, provocando o seu rotacionamento (GOUTAL, 1999). As características geológicas do local da ombreira eram relativamente desconhecidas durante a construção da barragem, prejudicando um tratamento mais adequado para o problema. A Figura 3.6 mostra o cenário antes e após a ruptura de Malpasset.



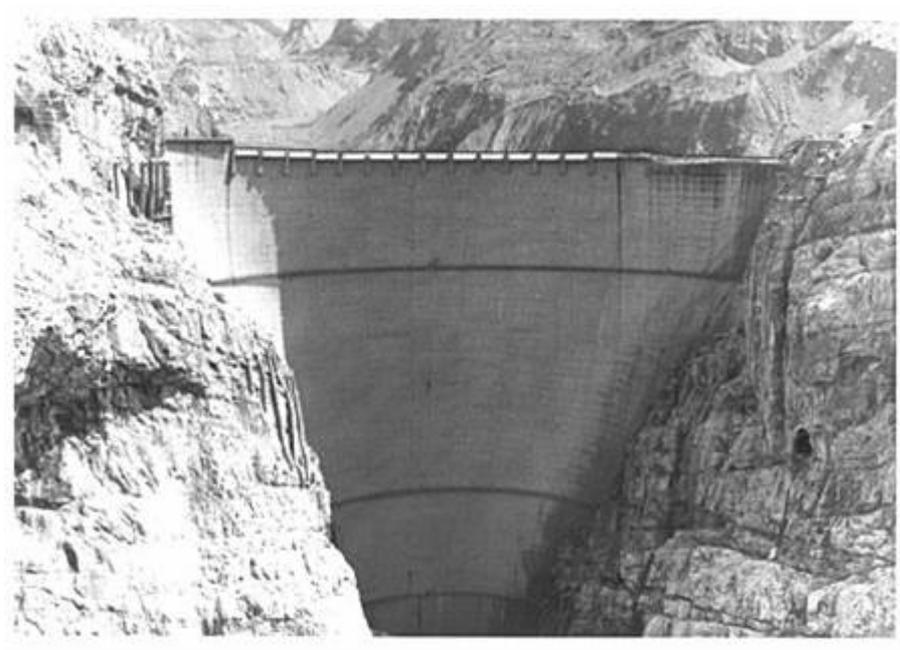
**Figura 3.6** – Barragem de Malpasset antes e depois da ruptura (BRUEL, 2006)

### **3.1.5 Barragem de Vajont – Itália - 1963 (JANSEN, 1980)**

A barragem de Vajont, com uma altura de 265 metros, espessura de 3,4 metros no topo e 22,7 metros na base, está associada a um dos maiores desastres envolvendo barragens já registrado, apesar da ruptura não ter chegado a ocorrer. O acidente consistiu no galgamento da estrutura por uma onda enorme, provocada pelo deslizamento de grandes massas de terra em seu reservatório durante a noite de 9 de outubro de 1963.

O volume do reservatório era de  $150 \text{ hm}^3$ , enquanto que o volume de material deslizado da margem esquerda da encosta foi de  $240 \text{ hm}^3$ . O movimento rápido desse material para dentro do reservatório atingiu velocidades da ordem de 30 m/s produzindo uma onda que galgou a barragem com uma altura superior a 100 metros sobre a crista.

A inundação atingiu as vilas de Longarone, Pirago, Rivalta, Villanova, Fa  e outras pequenas no território de Erto e Casso. Não houve alerta e cerca de 2.600 pessoas perderam a vida. Em Longarone, uma vila a menos de 2 quilômetros de distância do local do acidente, mais de 1260 pessoas perderam a vida, o que correspondia a 94% de seus habitantes segundo o USBR (1999).



**Figura 3.7** – Barragem de Vajont após a onda que a galgou (ANNOVI, 2007)



**Figura 3.8** – Vista parcial da cidade de Longarone antes e após o desastre (ANNOVI, 2007)

### **3.1.6 Barragem de Vega de Tera – Espanha - 1959 (JANSEN, 1980)**

A barragem de Vega de Tera possuía uma estrutura de contrafortes com altura de 34 metros e rompeu no dia 10 de janeiro de 1959, causando a morte de 144 pessoas na região noroeste da Espanha.

Intensas chuvas que se precipitaram sobre a região provocaram o aumento do nível de água, produzindo o galgamento da barragem, o que ocasionou a sua ruptura. A maior parte do reservatório de 8 hm<sup>3</sup> vazou em um período de 20 minutos.

Além de ter ocorrido durante a noite, a população não foi alertada de nenhum perigo, tendo como consequência 144 mortes.

### **3.1.7 Barragem de Tous – Espanha - 1982 (BERMEJO, 2006)**

Embora a ruptura da barragem de Vega de Tera tenha motivado a Espanha a criar as suas primeiras legislações sobre o assunto, foi o desastre com a Barragem de Tous, em 1982, que originou normas mais focadas na segurança de barragem e vale.

A barragem de Tous era composta por uma parte de terra e outra de concreto gravidade, com altura máxima de 50 metros.

Em 20 de outubro de 1982, a barragem rompeu após uma grande inundação que afetava toda a bacia do rio Júcar desde o dia anterior. Segundo Bermejo (2006), por uma série de falhas e imprevistos, as comportas dos extravasores, com capacidade para 7.000 m<sup>3</sup>/s, não puderam ser abertas até que fosse tarde demais, o que dificultou ainda mais o amortecimento da cheia que chegou a 9.000 m<sup>3</sup>/s. As águas começaram a galgar a barragem (Figura 3.9), que veio abaixo às 19:15 horas, produzindo uma onda de 16.000 m<sup>3</sup>/s, arrasando as comarcas de Ribera Alta e Ribera Baja. Os mortos superaram o número de 30. A Figura 3.10 mostra o local da barragem após a ruptura.



**Figura 3.9** – Galgamento da barragem de Tous (DE CEA, 2006)



**Figura 3.10** – Barragem de Tous após a ruptura (DE CEA, 2006)

### **3.1.8 Barragem da Pampulha – Brasil - 1954 (VARGAS *et. al* , 1955)**

A barragem da Pampulha foi construída em duas fases. A primeira, de 1936 a 1938, até a altura de 11,5 metros, e a segunda, em 1941, quando atingiu 16,5 metros de altura, 330 metros de comprimento e 18 hm<sup>3</sup> de volume de reservatório. Consistia de uma barragem de terra de seção uniforme com uma placa de concreto armado recobrimdo o talude de montante e funcionando como elemento de vedação.

No dia 16 de maio de 1954, observou-se uma surgência de água com artesenianismo no pé do talude jusante. A Figura 3.11 mostra uma comitiva, com o então prefeito Juscelino Kubitschek, em visita ao local da surgência. Na tarde do dia seguinte, o furo de onde emergia a água apresentava um diâmetro de quase dois metros. Iniciaram-se as providências para esvaziamento da barragem e localização do problema a montante. Uma fenda foi localizada na placa de concreto armado, a 6,5 metros da crista (0,6 metros de largura por 2,5 metros de comprimento) e tentou-se, sem sucesso, vedá-la com uma chapa de aço, colchões e sacos de areia.

Foi aberto um sangradouro de emergência na ombreira direita para escoar a água. A comporta do fundo no vertedouro “tulipa” não funcionou; fez-se, então, com dinamite, duas aberturas na estrutura do vertedouro. Conseguiu-se esvaziar cerca de 30% do lago e a água baixou até cerca de 1 metro acima da fenda.

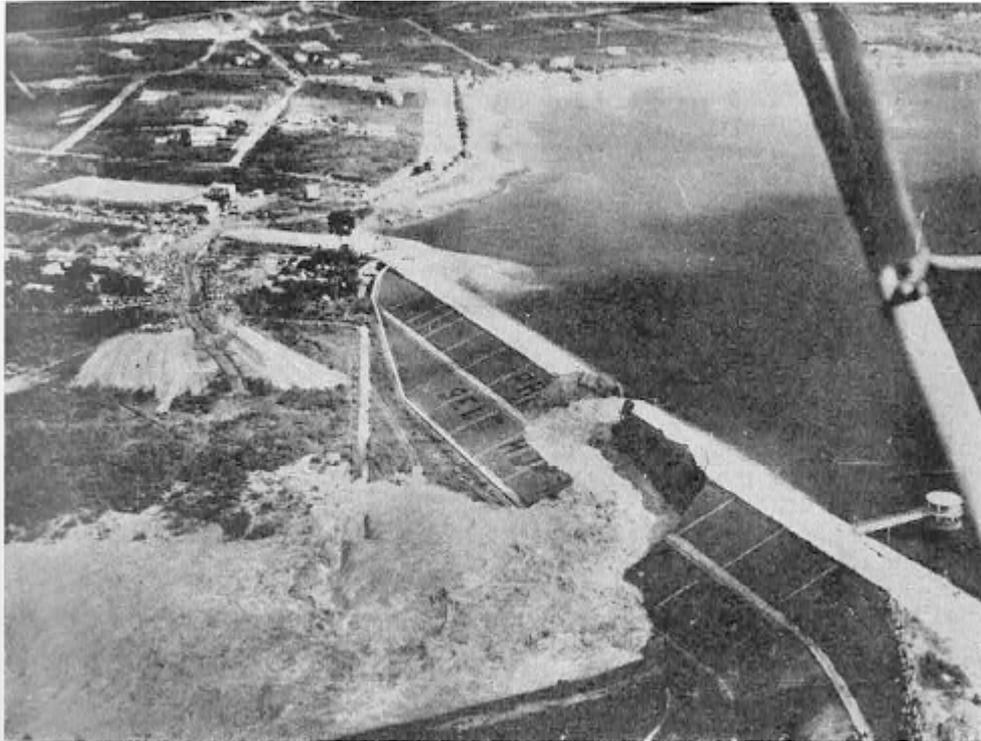
No dia 20 de maio, às 11:30 horas, teve início a ruptura da barragem, quando houve subsidência de sua parte central, quebra da placa de concreto e formação de um canal em forma de “S” ligando o ponto onde havia a fenda com o ponto onde se notava a surgência, conforme mostra a Figura 3.12.

Vargas *et al.* (1955) indicou que já era observada a surgência a jusante antes do dia 16 de maio, em pequena escala, sem provocar alarme. O estudo concluiu que a ruptura se deu por erosão interna (entubamento) iniciada entre a fratura na laje de concreto e o talude de jusante e que a placa de concreto retardou o seu progresso.

Foi inundada toda a área do atual aeroporto da Pampulha e grande parte da cidade de Belo Horizonte ficou sem abastecimento de água, sendo necessário construir um sistema de abastecimento de emergência, captando água diretamente do córrego Ressaca, um dos afluentes do reservatório da Pampulha (VIANNA, 1997 *apud* BRASIL, 2005). Na ocasião, houve apenas danos materiais.



**Figura 3.11** – Jato d’água observado pelo então prefeito Juscelino Kubitschek e comitiva no dia 16 de maio (VARGAS *et al.*, 1955)



**Figura 3.12** – Aspecto da ruptura da barragem, dia 20 de maio (VARGAS et al., 1955)

### **3.1.9 Barragem de Orós – Brasil - 1960 (JANSEN, 1980)**

A barragem de Orós (Figura 3.13), no rio Jaguaribe, no estado do Ceará, possui uma estrutura de terra semicircular com 54 metros de altura e 620 metros de comprimento. O volume do reservatório é de aproximadamente 4.000 hm<sup>3</sup>. Estava em construção quando foi galgada por uma cheia em 25 de março de 1960, resultante de chuvas de mais de 635 milímetros precipitados em menos de uma semana.

Em 22 de março, com o aumento do nível d'água, tentou-se elevar o aterro com equipamento pesado, mas isso não foi suficiente e o galgamento era inevitável. Então, foi escavado um canal no aterro à direita, onde se esperava que a erosão fosse mais lenta que no centro. Peças metálicas foram lançadas no maciço, para tentar aumentar a resistência contra a passagem da água. Como consequência do galgamento de 30 centímetros sobre a crista, no dia 26, uma brecha de 200m de comprimento por 35m de altura se formou, descarregando uma cheia cujo pico estimado chegou a 9.600 m<sup>3</sup>/s. Cerca de 90% do reservatório foi esvaziado.

A evacuação de mais de 100.000 pessoas no vale do Jaguaribe foi iniciada no dia 22 de março por forças do exército. Após o galgamento da barragem, alertas foram transmitidos via rádio a todas as áreas em perigo. Panfletos foram distribuídos anunciando a catástrofe, já que muitas pessoas não queriam deixar seus lares. A cidade de Jaguaribe, 75 quilômetros a jusante, foi atingida em aproximadamente 12 horas depois do início da ruptura. O número de vítimas

atribuído a esse acidente varia significativamente, embora algumas fontes apresentem números da ordem de 1.000 mortos.

Após as cheias, a obra foi reparada e o reservatório entrou em operação em 1961.



**Figura 3.13** – Barragem de Orós após a reconstrução (DNOCS, 2007)

### **3.1.10 Barragens de Euclides da Cunha e Limoeiro – Brasil - 1977**

As duas barragens de terra, Euclides da Cunha e Limoeiro, no rio Pardo, estado de São Paulo, romperam por galgamento no dia 19 de janeiro de 1977. As fortes chuvas que se precipitavam sobre a bacia de drenagem da barragem de Euclides da Cunha geraram uma cheia próxima à de projeto. Um problema de falha de comunicação entre o funcionário local dessa barragem e o centro de operação responsável pela abertura das comportas, associado ao mau funcionamento dos extravasores no momento de abri-los, permitiu o galgamento da crista da barragem.

Uma lâmina de 1,2 metro passou por cima da barragem durante um período de 4 horas. A brecha começou na ombreira direita provocando a sua ruptura e, na seqüência da cascata, a ruptura da barragem de Limoeiro (SINGH, 1996 *apud* BRASIL, 2005).

O acidente causou apenas danos materiais, sem registro de perdas de vidas humanas, mas estimou-se que foram atingidas cerca de 4000 casas.

### **3.1.11 Barragem de rejeitos da Mineração Rio Verde – Brasil - 2001 (BRASIL, 2005)**

Embora o caso Camará (ver item 3.1.13) tenha sido um importante marco dos acidentes recentes com barragens para fins de geração no Brasil, foram os desastres com as barragens de rejeitos da mineração Rio Verde, em 2001, e da indústria de papel Cataguases, em 2003,

que produziram os primeiros efeitos para criação de uma legislação específica no Brasil. O desastre com a barragem da Cataguases serviu inclusive de exemplo para justificar a proposição do Projeto de Lei 1.181, em 03 de junho de 2003, na Câmara do Deputados (BRASIL, 2003).

A barragem de rejeitos da mineração Rio Verde localiza-se no distrito de São Sebastião das Águas Claras, município de Nova Lima, região metropolitana de Belo Horizonte. No dia 22 de junho de 2001 o talude da barragem rompeu, formando uma onda de cheia que se estendeu por mais de 6 km a jusante, matando 5 trabalhadores da mineração (BRASIL, 2005).

A vegetação a jusante foi coberta por vários metros de lama. Postes da rede elétrica foram atingidos e uma adutora de água da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) rompeu. Além disso, a estrada que liga a BR-040 ao município de São Sebastião das Águas Claras foi interditada após o acidente, devido à lama e rejeitos de minério que se acumularam no local.

### **3.1.12 Barragem de rejeito da indústria de papel Rio Pomba-Cataguases – Brasil - 2003**

A barragem da Cataguases, localizada no município de Cataguases (MG), rompeu no dia 29 de março de 2003. A ruptura despejou no córrego do Cágado cerca de 400 milhões de litros de lixívia (seiva de eucalipto), segundo informações da própria empresa (FLORESTAL CATAGUAZES, 2007). A lixívia ainda contaminou o rio Pomba e o rio Paraíba do Sul, afetando propriedades rurais e áreas urbanas, provocando a interrupção do abastecimento de água de algumas cidades que captam água desses rios (BRASIL, 2003). Não houve relato de mortos devido ao acidente. A Figura 3.14 mostra a barragem antes e depois da ruptura.



**Figura 3.14** – Barragem de Cataguases antes e depois do acidente (MENESCAL *et al.*, 2005a)

### 3.1.13 Barragem de Camará – Brasil - 2004

A barragem de Camará foi construída entre os anos de 2000 e 2002, em concreto compactado com rolo, com altura de 50 metros e comprimento da crista de 296 metros. O seu reservatório tinha capacidade de 26,5 hm<sup>3</sup>. Localizava-se na Paraíba, a cerca de 150 quilômetros da capital João Pessoa.

No dia 17 de junho de 2004, a barragem apresentou problemas na rocha de fundação da ombreira esquerda, abrindo um orifício que propiciou o esvaziamento do seu reservatório. Onze dias depois, a parte remanescente sobre o orifício também ruiu. A Figura 3.15 indica o local da abertura no corpo da barragem. No momento da ruptura, o reservatório liberou para jusante cerca de 17 hm<sup>3</sup> (MENESCAL *et al.*, 2005a).

A água liberada pela barragem causou danos por cerca de 20 quilômetros a jusante. Segundo Valencio (2006), a onda de cheia gerada provocou 6 mortes, mais de 3.000 desabrigados e destruiu centenas de casas nas cidades de Mulungu e Alagoa Grande. O centro urbano de Alagoa Grande ficou isolado, sem energia e sem comunicação. As pontes sobre mananciais que cercam a cidade e a ligam com cidades maiores foram completamente danificadas, impedindo que a população local recebesse o primeiro atendimento de socorro por parte dos órgãos de emergência. Não havia sido constituída uma Defesa Civil municipal até então, e as ações oficiais de evacuação falharam. “A ausência de medidas preventivas foi tão prejudicial como a demora e insuficiência das ações públicas de reabilitação e reconstrução nos municípios afetados, prevalecendo as formas de ação altruístas, as solidariedades extra-familiares” (VALENCIO, 2006).

O relatório apresentado pela Universidade Federal da Paraíba aos Ministérios Públicos Federal e Estadual (BARBOSA *et al.*, 2004) concluiu que “a Barragem de Camará não foi construída segundo os bons princípios da engenharia, tão pouco foi considerada após sua entrega como uma obra importante que deveria ser acompanhada no seu primeiro enchimento”. Segundo o relatório, embora a barragem tenha sido entregue em 2002, o seu primeiro enchimento só foi concluído com as chuvas de janeiro de 2004, quando “o doente começou a dar sinais mais fortes de sua doença, e o proprietário não foi ágil o suficiente para bloquear a propagação do mal” (BARBOSA *et al.*, 2004). O documento ainda mostra que teria sido possível baixar o nível do lago para a cota de segurança, se decisões houvessem sido tomadas neste sentido, com uma certa antecedência em relação ao dia da tragédia.



**Figura 3.15** – Orifício que provocou o esvaziamento do reservatório e situação após 11 dias (BARBOSA *et al.*, 2004)

### **3.1.14 Barragem da Mineração Rio Pomba – Brasil - 2007**

A barragem São Francisco, da Mineração Rio Pomba, rompeu às 3:30 horas do dia 10 de janeiro de 2007, na cidade de Mirai, no estado de Minas Gerais, despejando mais de 2 hm<sup>3</sup> de argila e água no vale a jusante, um pouco mais da metade da capacidade do reservatório.

Segundo relatório da consultoria contratada pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), a causa provável da ruptura foi a erosão das paredes do vertedouro de emergência, localizado na ombreira direita. Esse vertedouro não possuía o revestimento adequado à passagem do fluxo de água e, como consequência, a sua parede lateral, de terra, não resistiu às chuvas intensas do período (FEAM, Banco de Notícias, 19/03/2007). A Figura 3.16 mostra o local do acidente.

Em Mirai, o município mais afetado, 765 moradores foram desalojados. As autoridades municipais atuaram alertando a população com o auxílio de viaturas com sirene. A prefeitura disponibilizou ônibus para auxiliar na evacuação, que foi iniciada pelo bairro que seria atingido primeiro. Mais de 300 residências foram atingidas pelos rejeitos que, embora não fossem tóxicos, afetaram o abastecimento de água de inúmeras cidades a jusante (ESTADO DE MINAS, 11/01/2007). A CEDEC distribuiu cestas básicas, colchões, cobertores, materiais de higiene e kits de primeiros socorros. Não houve registro de vítimas fatais decorrentes do acidente. As Figuras 3.17 e 3.18 mostram algumas áreas inundadas na cidade de Mirai.



**Figura 3.16** – Vista da ruptura da barragem (MENESCAL, 2007)



**Figura 3.17** – Vista de área inundada de Mirai (MENESCAL, 2007)



**Figura 3.18** – Vista de área inundada de Mirai (MENESCAL, 2007)

### **3.1.15 Incidente com a barragem de Piau – Brasil (CRUZ, DIAS E BALBI, 2006)**

A Usina Hidrelétrica de Piau foi construída pela CEPIAU e incorporada pela Cemig em 1962. Está localizada no rio Piau, município de mesmo nome em Minas Gerais, a 240km de Belo Horizonte. Sua potência instalada é de 18 MW, tendo entrado em operação em junho de 1955. O reservatório formado pela barragem possui volume de  $0,42 \times 10^6 \text{ m}^3$  e, para extravasar a cheia de projeto, possui um vertedouro principal tipo descarga livre na margem direita com capacidade máxima de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  e um vertedouro tipo tulipa com capacidade de  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ .

A estrutura principal da barragem consiste de um maciço de terra homogênea, com altura máxima de 23,5 m e comprimento da crista de 95 m.

Após algumas obras na drenagem profunda da ombreira da barragem em décadas anteriores, ela apresentou um comportamento normal até 1997, quando os instrumentos instalados na mesma ombreira passaram a apresentar medidas anômalas. As cotas piezométricas começaram a aumentar, ao mesmo tempo em que o vertedouro de vazão, instalado no final do sistema de drenagem, registrava diminuição das vazões drenadas. Mas nenhum empocamento ou surgência foi encontrado em inspeções visuais nessa região.

Primeiramente, verificou-se o funcionamento dos instrumentos e, posteriormente, foram contratados estudos de análise de percolação e estabilidade ao escorregamento da barragem,

para verificar as reais condições de segurança do maciço. As análises concluíram que a barragem estava segura para os níveis piezométricos medidos pela instrumentação, mas o nível d'água a jusante do filtro vertical estava alto, indicando mau funcionamento do sistema interno de drenagem devido à pequena capacidade de vazão ou à alta permeabilidade do solo da fundação. Com relação aos níveis piezométricos, recomendou-se manter o monitoramento das leituras e, eventualmente, abrir poços de inspeção para verificar a possível colmatção da trincheira drenante.

Como o processo de evolução dos níveis freáticos vinha se agravando, em fevereiro de 2002 a Cemig iniciou um levantamento sobre os problemas já ocorridos na barragem de Piau. Esse estudo tinha o objetivo de esclarecer o funcionamento da drenagem interna da barragem, para elaboração de um projeto de recuperação do sistema de drenagem ou sua substituição.

Antes da conclusão do estudo, em março de 2002, foi observada pelos barrageiros a presença de uma grande área úmida no pé da barragem. Ao mesmo tempo, a piezometria da barragem alcançou os níveis de alerta dos instrumentos. Imediatamente, um grupo de engenheiros viajou até a barragem. As informações dadas pelos instrumentos indicaram claramente que o sistema de drenagem localizado no talude de jusante estava com algum tipo de colmatção.

Decidiu-se, então, tentar desobstruir o sistema de drenagem. Durante o processo, todos os instrumentos foram continuamente monitorados durante a operação e observou-se que os níveis dos instrumentos instalados no interior do dreno variaram, voltando aos valores normais anteriores a janeiro de 1997. Os piezômetros mais próximos também tiveram seus níveis reduzidos. Após concluir-se que o sistema de drenagem havia sido colmatado por bactérias, decidiu-se promover mudanças em sua concepção e construiu-se outro sistema utilizando condutos de PVC.

Durante o incidente, a instrumentação foi uma ferramenta vital para detectar e entender o comportamento dos problemas e mostrou-se indispensável no diagnóstico das deteriorações da barragem, uma vez que as estruturas civis do maciço de terra estavam em excelente estado de conservação e não mostravam evidências visuais de problemas de percolação, a não ser quando os níveis piezométricos já estavam tão elevados que o coeficiente de segurança da barragem era próximo de 1,0.

## **3.2 Risco**

### **3.2.1 Introdução**

A segurança é um dos deveres básicos da Engenharia e deve constituir o objetivo principal no projeto, construção e operação das obras construídas, em especial nas barragens. Mesmo sendo o projeto e a construção adequados, existe um risco remanescente a ser controlado através da avaliação de segurança das estruturas, definido como o estabelecimento de mecanismos e procedimentos que permitam a detecção prévia das situações de risco e as medidas para mitigá-las. Por melhores que sejam essas práticas, elas não são suficientes para garantir o risco nulo de acidente. A Política Nacional de Defesa Civil (PNDC) classifica os desastres quanto à causa primária do agente causador em:

- Naturais, provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza;
- Humanos, provocados pelas ações ou omissões humanas; e
- Mistos, quando as ações e/ou omissões humanas contribuem para intensificar, complicar ou agravar os desastres naturais.

As inundações são eventos naturais que periodicamente atingem regiões próximas aos rios. Esses eventos costumam ser sazonais e podem variar significativamente de intensidade. Com a ocupação dessas regiões pelas pessoas, inúmeras medidas devem ser tomadas a fim de garantir a sua segurança. Durante um longo período de nossa história, a principal forma de proteção das populações em risco consistia na adoção de medidas estruturais de controle de cheias, através da canalização ou retificação dos cursos d'água, construção de estruturas hidráulicas etc. Nem sempre essas medidas são suficientes para eliminar o perigo a que estão submetidos ou são extremamente caras. Passou-se, então, a conceber a adoção de medidas não estruturais, como a instalação de sistemas de alerta e planos de atendimento a emergências como formas de gerenciamento de riscos.

Risco é usualmente definido como o produto da probabilidade de ocorrer um evento pela sua consequência. Na Política Nacional de Defesa Civil o risco está definido como sendo a relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos (BRASIL, 2007).

Embora as barragens façam parte das estruturas hidráulicas implantadas para controle de cheias, geração de energia, lazer, irrigação e abastecimento, a sua construção e exploração constitui um fator de risco (humano/tecnológico) a mais às comunidades que vivem ou passam a viver a jusante delas. Trata-se de um risco imposto, normalmente involuntário, e que muitas vezes é menos aceito que os naturais ou voluntários, mesmo que esses últimos ocorram com muito mais frequência.

A ruptura de barragens é um evento considerado raro e estima-se que ocorra uma ruptura para cada 10.000, ou até 100.000 barragens. De qualquer forma é uma situação que o proprietário deve evitar a todo custo, mas que precisa ser prevista a fim de se planejarem ações para reduzir os danos eventualmente provocados pela cheia potencial resultante.

A esses danos está associado o risco “potencial” a que o vale está sujeito, que é o que a maioria das regulamentações classifica em alto, médio ou baixo. Contudo, o risco “efetivo” a que o vale está sujeito deve levar em consideração a probabilidade de ocorrer um evento que coloque em risco a segurança estrutural da barragem, a probabilidade do acidente efetivamente ocorrer e as consequências da cheia induzida.

O Risco Efetivo ( $R_{\text{efetivo}}$ ) pode então ser avaliado por uma expressão do tipo (VISEU, 2006):

$$R_{\text{efetivo}} = P[\text{ocorrer um evento}] \times P[\text{ocorrer a ruptura}] \times \text{Consequências} \quad (3.1)$$

O primeiro fator está associado às condições de solicitação a que a barragem pode estar sujeita, tais como: as de origem hidrológica, sísmica, eventos a montante (deslizamentos de terra e ruptura de outras barragens), atos de sabotagem, terrorismo ou vandalismo. O segundo fator se refere ao comportamento da barragem em resposta àquela solicitação que, como o primeiro, é fruto de incertezas relativas ao conhecimento dos processos físicos e do comportamento futuro do meio e da barragem.

As consequências dependem de três fatores: grau de perigo, vulnerabilidade e exposição. Viseu (2006) conceitua esses fatores como sendo a porcentagem do valor exposto ao risco (indivíduos, bens materiais e ambientais) que pode ser efetivamente perdida, em função do perigo oferecido, da capacidade de resistência dos bens e pessoas e da resposta dos indivíduos e da sociedade nas zonas a jusante.

Apesar das perdas econômicas geradas pela interrupção da operação da barragem, é no vale a jusante onde estão concentradas as principais consequências de um possível acidente. Essas

conseqüências dependem primeiramente do perigo oferecido pela cheia induzida a pessoas e bens expostos à ela, o que depende de suas características hidrodinâmicas capazes de provocar danos, das zonas onde são mais destrutivas e da caracterização da ocupação nessas zonas.

A vulnerabilidade do vale pode ser caracterizada pela resistência das estruturas e edificações à cheia, pela capacidade das pessoas sobreviverem a ela ou ainda pela capacidade de recuperação econômica da região após o desastre.

Aqui, diferentemente da operação barragem, onde os envolvidos tratam mais tecnicamente o assunto, o gerenciamento dos riscos é mais complexo, uma vez que lida com diversos fatores sociais distintos e com conceitos muito subjetivos, como percepção e aceitação do risco. A percepção que a população tem do risco que uma barragem representa afeta significativamente a vulnerabilidade a que o vale está sujeito, já que pode influenciar a aceitação de um acidente, o modo como os habitantes estarão preparados para enfrentá-lo e como responderão. Segundo Almeida *et al.* (1997), a construção de uma barragem dá aos residentes a falsa sensação de segurança e, paradoxalmente, aumenta a vulnerabilidade das populações em caso de falha.

Cada pessoa cria sua estratégia de enfrentamento a ameaças. Algumas vivem em constante pânico ou são facilmente amedrontadas por informações equivocadas ou manipuladas, outras tendem a negar ou minimizar o risco, criando uma espécie de otimismo irreal. Esses fenômenos de minimização dos riscos podem produzir uma falta de interesse por ações preventivas, inclusive para seguir regras de uso e ocupação do solo. Reações extremas, como o pânico ou a falta de ação, podem contribuir para aumentar a magnitude de um desastre.

### **3.2.2 Gerenciamento do risco e das emergências**

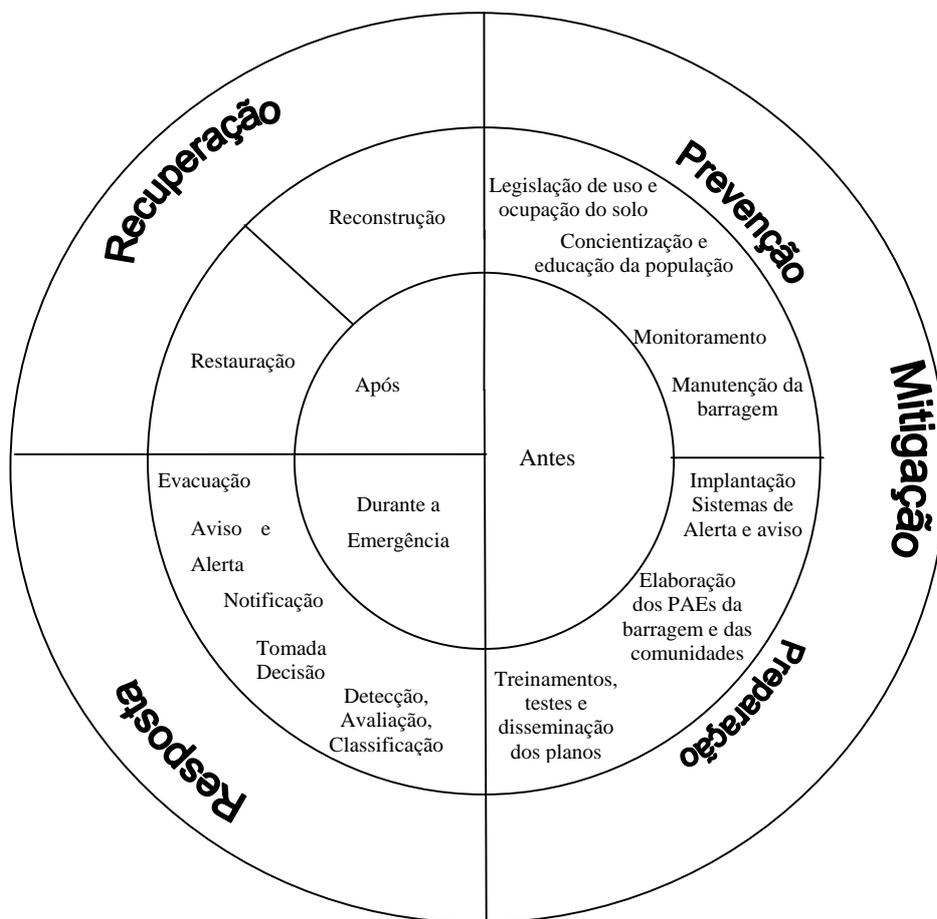
O ciclo de gerenciamento do risco e das emergências, comuns às cheias naturais e também aplicável a rupturas e cheias induzidas por barragens, é normalmente apresentado dividido nas fases de Mitigação (Prevenção e Preparação), Resposta e Recuperação (ver Figura 3.19). Operacionalmente, pode-se dividir esse ciclo em três fases: antes, durante e após a emergência. Segundo essa abordagem, que consta em UNDRO (1991), a *mitigação* compõe a primeira fase denominada “antes da emergência”. Essa fase consiste na adoção de procedimentos de “prevenção” e “preparação” e seu funcionamento depende do estado de prontidão dos envolvidos para agirem num momento de crise.

A prevenção, pelo lado do proprietário da barragem, consiste na redução da probabilidade de ocorrer um acidente através de medidas estruturais, como obras de reforço, de aumento da capacidade de extravazão ou de manutenção. Pode-se também implementar medidas não-estruturais que permitam detectar eventos perigosos em tempo hábil, como monitoramento, ou que reduzam o risco através de medidas operativas preventivas, como criação de volume de espera no reservatório ou seu deplecionamento emergencial. Os procedimentos operacionais relativos a essa etapa de prevenção geralmente são compilados nos “Planos de Segurança das Barragens”, nas “Normas de Exploração ou de Operação”, guias e instruções técnicas de manutenção, entre outros documentos adotados por cada proprietário de barragem. Pelo lado da Defesa Civil, consiste no monitoramento de eventos causadores de desastres, na elaboração e aplicação de leis de uso e ocupação dos solos, da remoção de estruturas localizadas em área de risco, na criação de programas educativos e de conscientização e outras medidas de segurança.

A *preparação* atua mais na redução do fator vulnerabilidade. Consiste essencialmente na implementação de medidas não-estruturais para reduzir os danos produzidos pela cheia induzida. Ao mantenedor da barragem compete comunicar as ocorrências excepcionais a todos os envolvidos nas ações de emergência e se manter preparado e de prontidão ao ser detectada uma anomalia. Aos responsáveis pela segurança da população a jusante compete atuar na redução da vulnerabilidade das pessoas ao longo do vale. As principais medidas “preparadas” nesta etapa, por ambos planejadores, são a implantação de sistemas de alerta e aviso, elaboração de planos de ações emergenciais e mapeamento das áreas de risco.

A fase de *resposta* ocorre quando a emergência é declarada. Uma anomalia foi detectada, as tentativas de controlar o incidente se mostram ineficazes e o acidente é iminente ou já foi detectado, avaliado e tomou-se a decisão de agir. Aplica-se o planejamento preparado anteriormente para orientar os envolvidos nas ações a serem tomadas daí por diante. Nessa fase são dados os avisos, os recursos são mobilizados, os Centros de Operações de Emergência (COEs) são ativados, iniciando-se a evacuação e socorro da população.

Após a fase de emergência, iniciam-se os processos de *recuperação* do que foi atingido, a começar pela *restauração* dos serviços essenciais, como água, energia e saúde pública, seguida da *reconstrução*, seja dos bens destruídos, seja da barragem, se julgar viável.

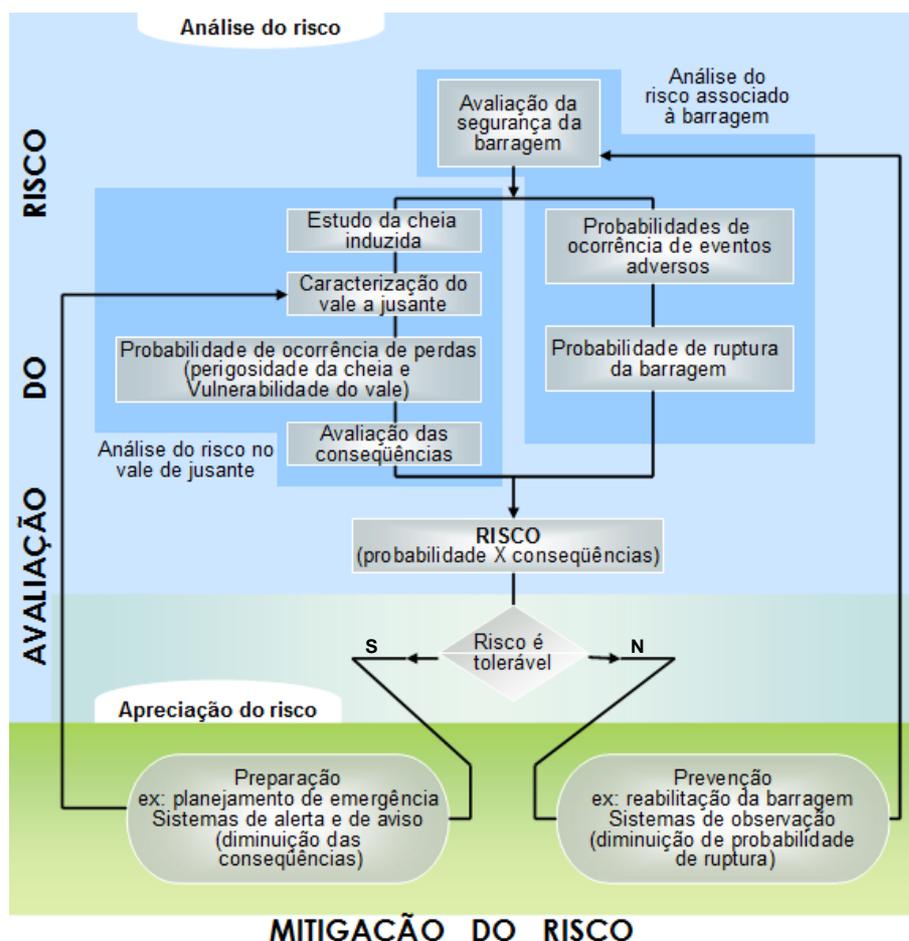


**Figura 3.19** – Ciclo de gerenciamento de riscos e emergências

### 3.2.2.1 Gerenciamento do risco

O gerenciamento do risco abrange processos de avaliação e mitigação e busca assegurar que um certo nível de risco relacionado a acidentes com barragens e cheias de ruptura seja controlado e socialmente aceitável. A Figura 3.20 mostra esquematicamente o processo contínuo de gerenciamento de risco no vale e na barragem, que compreende as fases de avaliação e de mitigação do risco.

A avaliação do risco, traduzida pela equação 3.1, corresponde aos riscos associados à barragem que devem ser gerenciados internamente através de procedimentos de segurança de barragens e de redução de riscos, e riscos no vale a jusante que requerem procedimentos externos.



**Figura 3.20** – Gestão operacional do risco nas barragens e vales a jusante (VISEU, 2006)

Considerando a barragem, o gerenciamento consiste na adoção de um plano de segurança que visa identificar e caracterizar situações que ameacem as suas estruturas e, quando o risco é considerado inaceitável, promover a sua reabilitação através da adoção de medidas estruturais ou não.

No vale, dados os riscos a que está sujeito – grau de perigo da onda, vulnerabilidade e exposição – pode-se reduzir o risco investindo no preparo. Esse preparo é feito, essencialmente, através da implementação de medidas não estruturais como o planejamento das ações de resposta, os sistemas de comunicação, alerta e aviso, treinamentos, e a preparação de mapas de zoneamento de risco para planejamento e ordenamento do uso e ocupação do solo.

### 3.2.2.2 Gestão de emergências

A gestão de crises e de emergências é constituída por um conjunto de metodologias e ações coordenadas de resposta para minimizar a magnitude dos danos devidos a incidentes e

acidentes com barragens (impacto), bem como as perdas potenciais na barragem e no vale a jusante, assegurando a melhor resposta durante e após o acidente (ALMEIDA *et al.*, 2003).

Nessa fase, espera-se que as medidas adotadas na fase de mitigação tenham sido eficientes na redução das conseqüências e que todos os procedimentos preparados na fase anterior ao impacto sejam adequados e seguidos pelos responsáveis por sua execução.

A resposta implica a ativação e a implementação dos planos e procedimentos de emergência, bem como a coordenação dos esforços de resposta, designadamente, na emissão de alertas e avisos; disponibilidade de informação adequada ao público; assistência durante e após o desastre, inclusive no cuidado a mortos e feridos, provendo abrigos de emergência e locais para evacuação, cuidados médicos, alimentação e vestuário.

### **3.3 Gestão de riscos e emergências de barragens**

#### **3.3.1 Breve histórico**

Cada sociedade aprendeu a lidar com os desastres de forma distinta. No passado, a idéia de que as ameaças tinham origem divina teve como consequência sacrifícios e outros rituais religiosos. Com o desenvolvimento, veio a melhor compreensão dos desastres, com a caracterização das contingências pela razão e ciência e, posteriormente, gerenciando as incertezas, com ações preventivas e de resposta, comunicação etc.

Blasco e Ortega (1998) atribuem o sucesso de planos de ações emergenciais em alguns países a duas condições. A primeira engloba países que sofrem freqüentes ameaças de algum tipo de fenômeno natural (climáticos, terremotos, vulcões) ou de guerras e terrorismo; isso colabora para que as pessoas envolvidas sejam mais receptivas às indicações de um PAE, colaborem mais na sua concepção e participem ativamente de programas de treinamento. A segunda condição diz respeito ao alto grau de desenvolvimento econômico e cultural desses países, permitindo acesso a novas tecnologias para combater as conseqüências de um desastre, além de favorecer atitudes mais positivas das pessoas frente à prevenção, devido ao melhor padrão de vida.

Desastres causados por rupturas de barragens em diversos países serviram de motivação para que se desenvolvessem leis, normas e regulamentações destinadas a garantir a segurança da barragem e do vale. Cada país desenvolveu, muitas vezes na seqüência de grandes desastres,

ou antecipando-se a eles, seus documentos oficiais de segurança de barragens e de gestão de emergências. Alguns desses desastres foram apresentados no item 3.1.

Nos Estados Unidos, a ruptura da barragem de South Fork, em 1889, em Johnstown, Pensilvânia, resultou em 2.209 mortos, mas teve pouca influência nos programas de segurança de barragens do país. Em 1929, começou o programa de segurança de barragens do Estado da Califórnia, em seqüência ao acidente da barragem de St. Francis, 1928, colocando as barragens sob supervisão do governo federal. Posteriormente, outros estados da união adotaram procedimentos semelhantes.

No Reino Unido, as rupturas das barragens de Bilberry, em 1852, com 81 mortos, e Dale Dyke, em 1864, com 245 mortos (HUGHES e KITE, 1998), resultaram na promulgação de um Ato do Parlamento que sujeitava as barragens a serem inspecionadas regularmente. As rupturas de mais três pequenas barragens em 1925 (Barragens de Coeldty, Eigiau e Skelmorlie), com 21 mortos e, posteriormente, o desastre de St. Francis (Estados Unidos), culminaram no “Reservoirs Act”, de 1930, que atribuía responsabilidades aos proprietários de barragens e regras para a sua construção e operação.

As décadas seguintes, sobretudo a partir da década de 50, foram marcadas pela grande quantidade de barragens construídas em todo o mundo e rupturas que chamaram a atenção da sociedade para o risco envolvendo essas obras hidráulicas.

Os acidentes com as Barragens de Malpasset, na França, em 1959, Vajont, na Itália, em 1963, e Baldwin Hills, nos Estados Unidos, em 1963, motivaram os governos desses e de vários outros países a decretarem novas leis e regulamentos relativos à construção e à operação de barragens e reservatórios. No caso de Baldwin Hills (1963), sistemas de alerta e de evacuação, já em desenvolvimento nos Estados Unidos, foram utilizados, resultando na redução significativa de vítimas fatais (5 em 16.500 pessoas em risco). Ao contrário, a ruptura da barragem de Vega de Tera na Espanha, quando não houve aviso, 150 das 500 pessoas em risco morreram. No ANEXO A são apresentados alguns casos históricos de rupturas com vítimas, com causas do desastre e os tempos de aviso envolvidos, quando disponível na bibliografia. É interessante observar como os tempos de aviso se correlacionam ao fator número de vítimas/pessoas em risco.

Fatos como esses contribuíram para que, a partir da década de 60, surgissem regulamentos e procedimentos de segurança de barragens e de prevenção contra os potenciais efeitos de

acidentes nos vales a jusante, incluindo sistemas de alerta e planos de evacuação das populações. Almeida (2001) considera que, nessa época, a regulamentação começou a sair de um primeiro estágio, onde o foco era unicamente na segurança das estruturas do barramento - sem incluir a hipótese de um cenário de acidente - e começou a entrar no segundo estágio evolutivo, o qual considerava as conseqüências a jusante de um possível acidente. Conceitos como sistemas de alerta, mapas de inundação e avaliação de risco a jusante passaram a ser considerados.

A França é um importante exemplo, considerando que seu Regulamento de Segurança de 1966 (reflexo do acidente de Malpasset) já tornava obrigatória a preparação de planos de alerta e socorro às populações a jusante de barragens, baseados em mapas de inundação (Almeida, 1999). Em 1967, a Espanha apresentou seu primeiro regulamento sobre o tema.

Nos Estados Unidos, as agências federais, nomeadamente o Bureau of Reclamation (USBR) e a Federal Energy Regulatory Commission (FERC) produziram, durante as décadas de 70 e 80, um elevado número de recomendações e procedimentos técnicos aplicáveis às barragens sob suas respectivas jurisdições. Essas ações resultaram, principalmente, no “Presidential Memorandum”, de outubro de 1979, e nos “Federal Guidelines for Dam Safety”, de junho de 1979, que surgiram após a ruptura da barragem de Teton, 1976. Esses procedimentos passaram a ser estudados e adotados por agências ligadas à segurança de barragens de diversos países.

Na província de Alberta, no Canadá, a partir de 1988, a legislação passou a exigir dos donos de barragens a elaboração de Planos de Emergência e de Sistemas de Aviso específicos para cada local (ALMEIDA, 1999).

Na Itália, na década de 80, a legislação obrigou os responsáveis pelas barragens a efetuarem estudos relativos às áreas inundáveis a jusante, por efeito de descargas e de hipotéticos colapsos estruturais, inclusive considerando o sistema de alarme e a sinalização de perigo, em caso de ruptura (ITÁLIA, 1986).

Nas décadas de 80 e 90, foram propostos e desenvolvidos novos conceitos e metodologias integradas para a segurança nos vales a jusante, conjugando os conhecimentos de engenharia de barragens com novas tecnologias de apoio à decisão e à proteção civil, com metodologias de ciências sociais aplicadas, como a sociologia e a psicologia social e, finalmente, com a

gestão da ocupação do vale, tendo em conta os riscos de ocorrência de cheias (ALMEIDA, 2001).

Na década de 90, vários países europeus promulgaram ou iniciaram estudos de novas regulamentações ou normas técnicas de segurança, envolvendo o estudo das conseqüências nos vales a jusante e a elaboração de planos de emergência e de sistemas de alerta às populações, como foi o caso de Portugal, em 1990, e da França e da Espanha, com a revisão de seus regulamentos em 1994 e 1996.

Essa nova fase corresponde ao terceiro estágio do que Almeida (2001) considera processo evolutivo da regulamentação de segurança de barragens, envolvendo a Segurança da barragem e do vale em termos da preparação de um plano de emergência e evacuação, da implementação de um sistema de aviso e da execução de treinos e exercícios, mapeamento de risco de áreas inundáveis e estimativa de danos.

### **3.3.2 Planos de emergência na atualidade**

Na maioria dos países europeus, os requisitos para os PAEs estão bem estabelecidos. Hope (2007) cita a **Suíça** como exemplo, onde as informações de inundações induzidas por barragens estão disponíveis, incluindo profundidades de cheias potenciais em prédios públicos, restaurantes etc, e sua população está totalmente envolvida com os PAEs para barragens.

Atualmente, muitos dos regulamentos e leis implantadas desde a década de 70, que ainda vigoravam, estão sendo atualizados. Em **Portugal**, por exemplo, o Regulamento de Segurança de Barragens (PORTUGAL, 1990) foi revisado e sofreu algumas alterações, principalmente no que se refere à proteção civil e ao planejamento de ações emergenciais (PORTUGAL, 2007).

As barragens inseridas na regulamentação já possuem planos de emergência desenvolvidos e estão em fase de implantação. Algumas já possuem inclusive sistemas de aviso à população, como é o caso da barragem de Penacova, no rio Mondego. O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) atua na elaboração dos PAEs, tanto dos proprietários quanto da proteção civil, quando solicitado. A EDP (Energias de Portugal) é a principal proprietária de barragens no país e tem desenvolvido seus próprios planos internos.

Na **Espanha**, o “Reglamento tecnico sobre seguridad de presas y embalses” (ESPANHA, 1996) também está sendo revisto pelos envolvidos na segurança das barragens e das populações em risco, mas atualmente se aplica apenas a barragens de propriedade do Estado. Há um plano nacional para adequar as barragens de propriedade estatal às regulamentações técnicas. Foi iniciado, ainda, um programa para implantação dos sistemas de alerta e aviso à população, conforme previsto nos planos de emergência.

No **Reino Unido**, o ano de 2006 foi marcado pela divulgação do “Engineering guide to emergency planning for UK reservoirs” pelo “Department for environment, food and rural affairs” (DEFRA, 2006). Esse guia apresenta procedimentos detalhados para a elaboração de planos de emergência, estimativa de danos e segurança dos “reservatórios”. Segundo Hope (2007), a maioria das companhias de água e alguns outros proprietários já elaboraram os mapas de inundação e identificaram a extensão e conseqüências de uma ruptura.

Nos **Estados Unidos**, em 2002, a legislação passou a considerar ataques terroristas contra as barragens. Segundo a “Federal Emergency Management Agency - FEMA” (2007) 95% das 79.500 barragens cadastradas no Inventário Nacional de Barragens (NID) são reguladas pelos estados. Os planos de emergência contemplam o treinamento e atualização, além da divulgação. As autoridades estão muito envolvidas no desenvolvimento e aprovação dos planos, assim como as comunidades em risco. Algumas páginas da internet divulgam planos e mapas de inundação, como, por exemplo, a publicada pela “Association of Bay Area Governments (ABAG)”. Porém, as informações sobre esse tema têm causado tensões internas desde os atentados de 11 de setembro de 2001.

Na **Argentina**, a regulamentação para a elaboração dos planos de emergência está inserida nos contratos de concessão de cada barragem. O ORSEP é o Organismo Regulador de Segurança de Barragens, descentralizado do Estado Nacional, e é responsável pelas concessões das grandes barragens. O ORSEP faz o vínculo entre as barragens e a defesa civil e, além de funcionar como fiscalizador da segurança de barragens, se responsabiliza por integrar as ações das autoridades de defesa civil com os planos elaborados pelas concessionárias.

Os principais documentos legislativos, normativos e guias consultados dos países citados são relacionados na Tabela 3.2 a seguir.

**Tabela 3.2 - Principais legislações dos países estudados**

País	Lei/ano	Guias ou manuais	Comentários
Argentina	- Decreto n° 239/99 de creación del ORSEP - Electricity Regulatory Framework Law, n°24064/02 - Lei n° 15.336 – - Lei n° 24.065 – - Decretos n° 1564 (19/12/1996), n° 928 (08/08/1996) e n° 146 (30/01/1998)	- Procedimiento General Fiscalización del Manejo de la Emergencia	Os contratos de concessão apresentam alguns dos critérios a serem adotados pelos concessionários.
Austrália	Water Act de 2000	- Queensland Dam Safety Management Guidelines February 2002 - State of Queensland (Department of Natural Resources and Mines)	
Canadá	- Dam safety regulation ( Règlement sur la sécurité des barrages) Quebec,2007 - Dam Safety act ( Loi sur la sécurité des barrages) Quebec, 2007 - Alberta Water Act	- Canadian Dam Association (CDA) Dam Safety Guidelines - January 1999 - Emergency Preparedness For Flood Emergencies At Dams Guideline August 2003alberta - AlbertaEmergencyPlanning, 2000	A legislação e os manuais são bastante separados por estado
Espanha	*Ley 2/1985, 21 de jan., sobre Protección Civil *Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Águas *Real Decreto 407/1992, de 24 de abril - Norma Básica de Protección Civil * Reglamento tecnico sobre seguridad de presas y embalses - 1996 *Directriz Básica de Planificación Civil ante el Riesgo de Inundaciones – 1995	* Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas de 1967 * Guia Técnica para la elaboracion de los planes de emergencia de presas - 2001 * Instrucción para el Proyecto de Pantanos, 1905 * Normas transitorias para Grandes Presas 1960.	Atualmente o Regulamento só se aplica a barragens do Estado e cuja exploração sejam dependentes do Ministério do Meio Ambiente.
Estados Unidos	*"Presidential Memorandum" de Outubro de 1979 *National Dam Safety Program Act of 1996, Public Law 104-303 *Dam inspection act, U.S. Congressional Public Law 92-367 08 de agosto de 1972 *Dam Safety and Security Act of 2002 (Public Law 107-310)	- FEMA - 93Federal Guidelines for dam Safety (FEMA) - FEMA-64 - EAP for dam owners (2004) - USACE - Safety of Dams – Policy and Procedures (2003)	Existem inúmeros Guias e Manuais para segurança de barragens e gerenciamento de risco em vales, variando por estado ou agência federal.
França	- Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992. Sur l'eau -Circulaire du 13 juillet 1999 relative à la sécurité des zones situées à proximité ainsi qu'à l'aval des barrages et aménagements hydrauliques, face aux risques liés à l'exploitation des ouvrages - Circulaire interministérielle INTB9400227C du 17 août 1994 relative aux modalités de gestion des travaux contre les risques d'inondations - Circulaire du 28 mai 1999 relative au recensement des digues de protection des lieux habités contre les inondations fluviales et maritimes - Circulaire du 30 avril 2002 relative à la politique de l'Etat en matière de risques naturels prévisibles et de gestion des espaces situés derrière les digues de protection contre les inondations ou les submersions marines	Guide pratique à l'usage des propriétaires et des gestionnaires surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations	
Itália	- DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 1° novembre 1959, n. 1363 Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta. [Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana - n. 72 del 24-3-1960] - MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI CIRCOLARE 28 agosto 1986 - n. 1125 Modifiche ed integrazioni alle precedenti circolari 9.2.1985 n. 1959 e 29.11.1985 n. 1391 concernenti sistemi d'allarme e segnalazioni di pericolo per le dighe di ritenuta	- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI DECRETO 24 marzo 1982 Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento.	
Portugal	O Regulamento de Segurança de Barragens (RSB), decreto-lei n° 11/90 de 6 de Janeiro de 1990; - O Regulamento de Pequenas Barragens (RPB), decreto-lei n° 409/93 de 14 de Dezembro de 1993.	- Normas de Projecto de Barragens (NPB), portaria n° 846/93, de 10 de Setembro de 1993; - Normas de Observação e Inspeção de Barragens (NOIB), portaria n° 847/93, de 10 de Setembro de 1993 - Normas de construção de Barragens – NCB 1998	Existem muitos documentos e artigos publicados pelo IST e LNEC.
Reino Unido	* Reservoir Act 1930 * Reservoir Act 1975 amended by Water act 2003	- Engineering guide to emergency planning for uk reservoirs(DEFRA, 2007)	
Suíça	Ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA) du 7 décembre 1998 Le Conseil fédéral suisse	A própria legislação apresenta alguns critérios a serem adotados na gestão do risco e emergência de rupturas.	

### **3.3.3 Gerenciamento de riscos e emergências no Brasil**

#### **3.3.3.1 O gerenciamento do risco na barragem**

Embora o Brasil seja um país com um grande número de barragens construídas nas últimas décadas, 594 grandes barragens até 1998, segundo WCD (2000), o seu histórico de rupturas que causaram grandes perdas e comoção popular é pequeno.

Acidentes ocorridos no século passado, como os citados no item 3.1, já têm gerado discussão há alguns anos sobre os métodos aplicados à segurança de barragens no país. Cardia (2007) cita a preocupação da comunidade ligada à segurança de barragens com as garantias de performance das estruturas quando o governo iniciou seu plano de privatizações na década de 1990. O autor ainda recorda a realização de eventos técnicos que visavam auxiliar os envolvidos na operação dessas estruturas a encontrarem um modo melhor de compatibilizar os objetivos da privatização, num mercado competitivo, com os critérios de segurança adequados. Esse desafio ainda existe como tema em discussão.

Foram produzidos, então, dois importantes documentos no início desta década. O primeiro, coordenado pela Eletrobrás, é o “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas” (ELETROBRÁS, 2001), e o segundo, produzido pelo Ministério da Integração Nacional (MI), é o “Manual de Segurança e Inspeção de Barragens” (MI, 2002). Esses manuais são aplicados ao projeto e à segurança das barragens, respectivamente. Ambos já tratavam, ainda que simplificarmente, do planejamento de ações emergenciais para o caso de ruptura ou acidente envolvendo as barragens, embora o foco não fosse esse.

Em 2003, o acidente da barragem da Cataguases motivou a proposição no Congresso Nacional de um projeto de lei relativo à segurança das barragens, que será visto adiante no item sobre legislação. Os acidentes posteriores com as barragens de Camará, em 2004, e Mineração Rio Pomba-Cataguases, em 2007, ganharam divulgação na imprensa, fazendo com que a sociedade passasse a exigir mais comprometimento das autoridades e dos proprietários das barragens.

Com relação aos Planos de Emergências de Barragens no país, podem ser citados: o SOSEm da CESP, da década de 80 (CARDIA, 1998), sem relatos atuais de sua utilização; a elaboração do PAE da Barragem João Leite, da SANEAGO, localizada nas proximidades de Goiânia (SILVEIRA e MACHADO, 2005); e o PAE da usina de Dona Francisca, que foi implantado com participação de comunidades no Rio Grande do Sul.

### 3.3.3.2 A gestão das emergências no vale

A Política Nacional de Defesa Civil (PNDC) conceitua Defesa Civil como: “conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas, destinadas a evitar ou minimizar os desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social”.

Mesmo não havendo uma cultura mais disseminada de defesa civil no Brasil, medidas emergenciais de proteção da população já foram tomadas por autoridades públicas em diversos casos de acidentes com barragens. Essas ações promoveram a proteção da população ameaçada nos vales a jusante, reduzindo muito o número de vítimas. Citam-se aqui os desastres envolvendo a barragem de Orós, em 1960, quando mais de 100.000 pessoas foram evacuadas pelas forças armadas (ver item 3.1.9), e da barragem Santa Helena, em 1985, quando a defesa civil evacuou mais de 5.000 pessoas, durante a noite, em três cidades situadas a jusante (CARDIA, 2007).

A organização Defesa Civil no Brasil teve início em 1942 e atualmente está organizada sob a forma do Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC, composto por vários órgãos. A Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC é o órgão central desse Sistema, responsável por coordenar as ações de defesa civil em todo o território nacional.

A atuação da defesa civil compreende ações de prevenção, de preparação para emergências e desastres, de resposta aos desastres e de reconstrução, e se dá de forma multisetorial, nos três níveis de governo – federal, estadual e municipal – com ampla participação da sociedade.

No nível municipal, o órgão responsável é a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil – COMDEC, de extrema importância por ser o primeiro a ter que atuar em uma situação emergencial. O município deve estar preparado para atender imediatamente à população atingida por qualquer tipo de desastre, reduzindo perdas materiais e humanas. Dentre os principais exemplos de ações ligadas à defesa civil e à prevenção de riscos à população brasileira podem ser citados:

- os Planos Preventivos de Defesa Civil (PPDC) para escorregamentos de encostas na Serra do Mar, elaborados pelo IPT-IG/SMA e coordenados pela Defesa Civil Estadual (CEDEC). Estão implantados desde 1988 nos municípios paulistas da Baixada Santista;
- o Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro (PEE/RJ) para atender a uma situação de emergência nuclear na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAEA) (SEDEC/RJ, 2002). Atualmente na 3ª revisão, conduzida pelo Departamento Geral de

Apoio Comunitário da Secretaria de Estado da Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro, insere-se no âmbito do Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro (SIPRON); e

- o Sistema de Alerta contra Enchentes na Bacia do Rio Doce, em Minas Gerais, tem o objetivo é o de alertar 16 municípios da bacia quanto ao risco de ocorrência de enchentes. Vem sendo operado desde 1997 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em parceria com o Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais/Instituto Mineiro de Gestão das Águas (SIMGE/IGAM) e a Agência Nacional de Águas (ANA).

### **3.4 Aspectos da legislação de segurança de barragens no mundo**

O conteúdo apresentado pela legislação de cada país pode assumir características muito distintas, principalmente quanto ao seu caráter técnico ou não. Alguns países apresentam documentos legais apenas de caráter jurídico-administrativo, como é o caso da França e da Suíça. Outros vão além, incluindo em seus textos requisitos técnicos que estabelecem critérios a serem seguidos e servem de orientação aos envolvidos no gerenciamento dos riscos das barragens, como é o caso dos Estados Unidos, da Espanha e do Reino Unido.

Neste capítulo, serão tratados apenas alguns aspectos legais de caráter jurídico-administrativo, como a definição de responsabilidades, a classificação do risco e das conseqüências, o enquadramento das empresas na regulamentação e as autoridades regulamentadoras. Alguns elementos desses documentos serão apresentados no capítulo 4, quando se fará uma revisão dos planos de outros países para se propor um que será aplicado neste trabalho.

#### **3.4.1 Classificação das barragens e do risco em outros países**

A legislação relativa às barragens de qualquer país, geralmente, leva em consideração suas características estruturais e a sua capacidade de provocar danos ambientais, econômicos e à população a jusante para definição quanto à obrigatoriedade de elaboração de PAEs. Na Tabela 3.3 são mostrados alguns dos critérios adotados mundialmente para definir quais barragens devem seguir a regulamentação vigente, com relação ao controle e segurança de suas estruturas e ao planejamento de emergência em caso de uma possível ruptura.

Atualmente, na Espanha, apenas as barragens de propriedade do Estado estão contempladas na regulamentação e se pensa em acrescentar às demais a necessidade de elaboração dos planos de emergência.

**Tabela 3.3 – Critérios para aplicação da legislação sobre segurança de barragens ou para a necessidade de elaboração de planos de emergência**

País/Instituição	Critérios para aplicação da legislação de segurança de barragens	Critérios para obrigatoriedade da Avaliação de Riscos a jusante
ICOLD	- H > 15m - 10 < H < 15 m e: - L > 500m, ou - V > 1hm <sup>3</sup> , ou - Q > 2000 m <sup>3</sup> /s	
Argentina	Não foi encontrada referência aos critérios de definição de barragens que devem seguir as regulamentações. Atualmente todas as concessões privadas são supervisionadas pelo organismo regulador.	Os planos de emergência, quando exigidos, fazem parte dos contratos de concessão, já que não existe legislação específica.
Austrália Austrália (2000)	Barragens que entram na regulamentação ( <i>referable</i> ) NRM(2002): - Oferecem risco a mais de uma pessoa; - H > 8 m e V > 0,5 hm <sup>3</sup> - H > 8 m, V > 0,25 hm <sup>3</sup> e a bacia de drenagem é maior que 3 vezes a área do reservatório cheio.  Essas barragens são divididas em duas categorias, conforme o risco oferecido à população a jusante em caso de ruptura: Categoria 1 – 2 a 100 pessoas Categoria 2 – mais de 100 pessoas	A avaliação de impactos é necessária para as que se encaixam na legislação. E, se entrarem nas categorias 1 ou 2, devem ter um manual de controle de cheias.
Canadá (QUEBEC, 2007)	Barragens de alta capacidade - H > 1 m e V > 1 hm <sup>3</sup> - H > 2,5 m e V > 30.000 m <sup>3</sup> - H > 7,5 m	Todas as barragens de alta capacidade.
Espanha (ESPANHA, 1996)	- Grandes barragens, conforme regras do ICOLD. - Barragens que apresentem dificuldades especiais em sua fundação ou tenham características não habituais. - Barragens que se encontrem classificadas nas categorias A ou B de risco potencial, conforme abaixo: Categoria A - Risco a mais de 5 residências habitadas, o que dá um risco potencial médio a 12 ou 15 pessoas; Categoria B - de 1 a 5 domicílios	Apenas as barragens de propriedade do Estado. Mais de uma residência na área de risco Elaborar e implantar o Plano de Emergência de Barragens para as categorias A e B.
Estados Unidos	H > 7,60 m e V > 61.670 m <sup>3</sup>	O Guia para elaboração de PAEs do FEMA é para barragens de risco potencial alto ou significativo.
França (MARTINS, 2000)	H > 20 m ou barragens que implicam perigo para a população	H > 20m e V > 15 hm <sup>3</sup> obriga a planos de emergência.
Itália (ITÁLIA, 1960)	H > 15 m e V > 1 hm <sup>3</sup>	Itália (1996) prevê que os gestores das barragens sob competência do “Dipartimento per i Servizi tecnici nazionali – Servizio nazionale dighe” devem atender ao disposto no “Documento de Proteção Civil” que identifica as condições para ativação do sistema de Proteção Civil e procedimentos a serem postos em prática numa situação de contingência em um complexo constituído pela represa e reservatório.
Portugal	Grandes barragens: H > 15 m; V > 0,1hm <sup>3</sup> ; ou risco de perdas humanas ou importantes conseqüências econômicas.	Todas as grandes barragens.
Reino Unido (DEFRA, 2006)	V > 25000 m <sup>3</sup>	Requer Planos de Ações Emergenciais para a barragem e para o vale a jusante quando a barragem é classificada de alta e média conseqüência em caso de ruptura. A classificação depende da probabilidade de perda de vidas e danos à propriedade de terceiros.
Suíça (SUÍÇA, 1998)	- H > 10 m ou H > 5 m e V > 50.000 m <sup>3</sup> -Barragens que representam perigo a pessoas ou bens	Os PAEs são necessários para todas as barragens contempladas na legislação. Para reservatórios com mais de 2 hm <sup>3</sup> é obrigatória a instalação de dispositivos de alarme de cheias nas zonas próximas ao barramento.

H é a altura da barragem, V é o volume do reservatório e L é o comprimento da crista

### 3.4.2 Responsabilidades

As atribuições e responsabilidades das autoridades envolvidas no gerenciamento dos riscos de inundações variam muito nos diversos países, como pode ser visto na Tabela 3..

**Tabela 3.4 – Atribuições das autoridades de diversos países no gerenciamento dos riscos de inundações induzidas por barragens**

País	Abrangência	Autoridade
Argentina (ARGENTINA, 1999)	Nacional/ Concessões privadas	É um organismo descentralizado do Estado Nacional denominado ORSEP – Organismo Regulador de Segurança de Barragens. É responsável pelas concessões de barragens privadas. As barragens menores estão sob jurisdição de autoridades locais. Os Planos de Emergência são desenvolvidos pelo operador da barragem sob a fiscalização do ORSEP e deve estar integrado ao sistema de emergências do vale.
Espanha (ESPANHA, 2001)	Nacional/ Concessões estatais	O Ministério do Meio Ambiente exerce a função de Autoridade e é responsável pela fiscalização da segurança das barragens, pela aprovação das Normas de Exploração e dos Planos de Emergência (PEPs). Os PEPs são aprovados pela Autoridade, após informe prévio da Comisión Nacional de Protección Civil, ou pelos Órgãos das comunidades autónomas que exerçam competências sobre o domínio público hidráulico, para aquelas barragens localizadas em bacias intracomunitárias.
Estados Unidos	Jurisdição da entidade	Existem várias agências e entidades que são responsáveis pela fiscalização da segurança das barragens e pelos planos de emergência nas barragens da sua jurisdição. Os governos estaduais regulam 95% das cerca de 79.500 barragens listadas no Inventário Nacional de Barragens (NID).
França (DELLIOU, 2001)	Nacional	Três ministérios são responsáveis pelas barragens e um comitê com seus representantes opina sob cada projeto: *Ministério dos Transportes, para reservatórios que suprem canais; *Ministério da Indústria, para Hidrelétricas maiores e barragens de rejeitos *Ministério do Meio Ambiente, para as demais A defesa civil prepara os planos de emergência associados às barragens mais altas. A autoridade deve inspecionar as barragens anualmente.
Itália (DELLIOU, 2001)	Nacional	*Ministério de Obras Públicas - Aprova a concessão * Serviço Nacional de Barragens: examina projetos e aprova construção e primeiro enchimento, supervisiona a elaboração dos padrões de possíveis incidentes para a preparação dos PAEs. * Comissão de Comissionamento - Final da construção
Portugal (PORTUGAL, 1990)	Nacional	*Instituto Nacional da Água (INAG) - Autoridade - aprova projetos, supervisiona operação e construção das barragens. *LNEC - conduz pesquisas e estudos particulares para a autoridade e proprietários. *Departamento Nacional de Defesa Civil - Trabalha na elaboração dos PAEs *Comissão de Segurança de Barragens - Prepara padrões e dá opinião em documentos apresentados pelo INAG. Compete à Autoridade (INAG) e ao Serviço Nacional de Protecção Civil (SNPC) definir “os casos em que são necessários o planejamento de emergência e a criação de sistemas de aviso e alerta”. O regulamento indica “o plano de emergência, (...), será elaborado com intervenção direta do centro operacional de protecção civil distrital e do dono da obra”, estabelecendo o artigo 45º que “os encargos com os sistemas de aviso e alerta (...) pertencem ao dono da obra”.
Reino Unido (DEFRA, 2006)	Reino Unido	*Department of the Environment Transport and the Regions (DETR) é responsável pela legislação de segurança dos reservatórios. * Department for Environment Food and Rural Affairs é responsável pela publicação de guias técnicos. *Autoridades locais - supervisão das atividades dos proprietários.
Suíça (DELLIOU, 2001)	Nacional	A supervisão das barragens é função da confederação ( <i>Authority of High Surveillance</i> ) e dos Cantons. A defesa civil é consultada para a definição dos Sistemas de Alarme.

Os países tratam de maneira semelhante a questão da responsabilidade pela segurança das estruturas do barramento e elaboração dos PAEs. Em geral é uma atribuição do dono da concessão, seja ele o Estado, uma agência governamental ou uma empresa privada. As autoridades normalmente apenas fiscalizam e supervisionam essas atividades.

O “guia para elaboração de planos de ações emergenciais” da *Federal Energy Regulatory Commission* (FERC, 2007) dos Estados Unidos estabelece que os mapas de inundação devem ser desenvolvidos pelos proprietários em coordenação com as agências locais e estatais de gestão de emergências.

FERC (2007) frisa que o desenvolvimento do PAE em conjunto com todas as entidades, jurisdições e agências que poderiam ser afetadas por uma cheia proveniente da barragem, ou que têm responsabilidades sobre alertas, evacuação e ações pós-inundação possibilita a redação de um documento final mais amigável e realista quanto às responsabilidades e capacidades organizacionais. O propósito dessa coordenação é garantir que os mapas contenham informações suficientes para as agências alertarem e evacuarem todas as pessoas do risco de uma ruptura com mais eficácia.

### **3.5 A Legislação brasileira de segurança de barragens**

O Brasil ainda não conta com legislação nacional específica relativa à segurança de barragens e de planejamento de emergências associado a elas nos vales a jusante. O que existe atualmente são contratos de concessão dos aproveitamentos hidrelétricos e o Projeto de Lei 1.181/2003 que está em tramitação no Congresso Nacional. Esse Projeto de Lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) (BRASIL, 2003). Quando em vigor, se aplicará a barragens de acumulação de água e de resíduos industriais para quaisquer usos e de rejeitos, que se enquadrem na categoria estabelecida de risco potencial.

Neste item, será apresentado um resumo da legislação existente no Brasil pertinente à segurança de barragens e do vale. Serão apresentados, principalmente, elementos do PL 1.181/03 e de documentos legais de órgãos ambientais do estado de Minas Gerais. Deu-se destaque aos critérios de classificação das barragens, definição de responsabilidades pela elaboração de PAEs e segurança das barragens e sua fiscalização.

### 3.5.1 Classificação de barragens

O Projeto de Lei 1.181/2003 se aplica a barragens classificadas segundo as seguintes características:

- I. Altura do maciço, do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 metros;
- II. Volume do reservatório maior ou igual a 3 hm<sup>3</sup>;
- III. Reservatório que contenha resíduos perigosos;
- IV. Categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

O item IV, citado acima, é tratado na Lei de forma muito subjetiva e qualitativa, restringindo-se a estabelecer que o risco deve ser classificado em alto, médio ou baixo, em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento do plano de segurança de barragem. Segundo o PL, para dano potencial, a classificação em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem. O PL diz ainda que os critérios de classificação serão estabelecidos pelos respectivos órgãos fiscalizadores.

O Manual de Segurança e Inspeção de Barragens recomenda a seguinte classificação em função da consequência de ruptura da barragem (Tabela 3.5):

**Tabela 3.5** – Classificação da consequência de ruptura de barragens (MI, 2002)

Consequência de ruptura	Perdas de vidas	Danos econômico, social e ambientais
Muito alta	Significativa	Dano Excessivo
Alta	Alguma	Dano substancial
Baixa	Nenhuma	Dano moderado
Muito Baixa	Nenhuma	Dano mínimo

O manual ainda propõe um sistema de classificação alternativo baseado em uma matriz de potencial de risco, que leva em consideração a segurança estrutural da barragem, a importância estratégica e riscos para populações a jusante. É uma “matriz piloto”, cujos parâmetros ainda estão sendo testados, segundo o próprio manual.

No estado de Minas Gerais, a Deliberação Normativa DN COPAM N°62 (MINAS GERAIS, 2002), complementada e alterada pela DN COPAM N°87 (MINAS GERAIS, 2005), dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração. Não há, na DN, uma determinação clara sobre quais barragens aí se enquadram. Segundo a DN 62/2002, os proprietários de todas barragens de Minas Gerais deveriam apresentar a classificação de suas estruturas conforme formulário da própria DN e, após tal classificação, o COPAM comunicaria ao empreendedor as providências necessárias para a adequação dos procedimentos de segurança a serem adotados, conforme os requisitos previstos na Deliberação, estabelecendo inclusive os prazos para sua implementação. Os parâmetros para classificação de uma barragem segundo a DN 62/2002 são:

- A. Altura do maciço (H), em metros, considerada entre a cota da crista e a cota do pé do talude de jusante,
- B. Volume do reservatório (Vr), em metros cúbicos,
- C. Ocupação humana a jusante da barragem, à época do cadastro, em quatro níveis:
  - a. Inexistente: não existem habitações na área a jusante;
  - b. Eventual: não existem habitações na área a jusante, mas existe estrada vicinal ou rodovia e/ou local de permanência eventual de pessoas;
  - c. Existente: existem habitações e a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos na Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT; e
  - d. Grande: existem habitações e a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos na Classe I – Perigosos ou Classe II A – Não Inertes, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT.
- D. Interesse ambiental da área a jusante da barragem, em três níveis:
  - a. Pouco significativo: não representa área de interesse ambiental relevante ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais;
  - b. Significativo: apresenta interesse ambiental relevante; e
  - c. Elevado: interesse ambiental relevante e barragem armazena rejeito ou resíduos sólidos Classe I ou IIA, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT.
- E. Concentração de instalações residenciais, agrícolas ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área a jusante da barragem, em três níveis:
  - a. Inexistente;
  - b. Baixa concentração; e
  - c. Alta concentração.

Valendo-se desses parâmetros, as barragens serão classificadas em três categorias, considerando-se o somatório dos valores (V), de acordo com a Tabela 3.:

Classe I - Baixo potencial de dano ambiental:  $V \leq 2$

Classe II - Médio potencial de dano ambiental:  $2 < V \leq 5$

Classe III - Alto potencial de dano ambiental:  $V > 5$

**Tabela 3.6** – Classificação das barragens conforme a DN COPAM 87/2005

Altura da barragem H (m)	Volume do reservatório (hm <sup>3</sup> )	Ocupação humana a jusante	Interesse ambiental a jusante	Instalações na área a jusante
H < 15 V = 0	V <sub>r</sub> < 0,5 V = 0	Inexistente V = 0	Pouco significativo V = 0	Inexistente V = 0
15 ≤ H ≤ 30 V = 1	0,5 ≤ V <sub>r</sub> ≤ 5 V = 1	Eventual V = 2	Significativo V = 1	Baixa concentração V = 1
H > 30 V = 2	V <sub>r</sub> > 5 V = 2	Existente V = 3	Elevado V = 3	Alta concentração V = 2
		Grande V = 4		

Esses critérios são um pouco distintos pois relacionam dados quantitativos da área potencialmente ameaçada com o tipo de resíduo disposto no reservatório. O conceito de interesse ambiental, relevante ou não, é bastante subjetivo. Como já sugerido anteriormente, não há menção a barragens de armazenamento de água. O parâmetro de concentração de instalações residenciais também é subjetivo, pois não determina qual a quantidade considerada baixa ou alta.

Não há indicação clara de qual é a área a jusante da barragem que deve ser considerada na utilização dos parâmetros acima para barragens com reservatório de água. Simplesmente considera-se que deve ser definida por estudos hidrológicos elaborados por responsáveis técnicos devidamente identificados.

Em 2002, através da Resolução SEMAD Nº 099, de 29 de janeiro de 2002, a FEAM deveria receber o CADASTRO DE BARRAGENS DE REJEITO E RESERVATÓRIOS DE ÁGUA. Ao ser questionada formalmente pela Cemig, a FEAM informou que as barragens para geração de energia não estavam contempladas na DN citada para efeitos de classificação.

O Art. 13 da DN COPAM 87/2005 (MINAS GERAIS, 2005) prevê a criação de um grupo de trabalho para propor critérios de cadastro e de classificação quanto ao potencial de dano ambiental e para propor providências necessárias para a adequação dos procedimentos de segurança a serem adotados.

### **3.5.2 Autoridade e fiscalização**

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a autoridade reguladora do setor elétrico brasileiro e é responsável pela fiscalização, acompanhamento e supervisão das usinas de geração do país. A ANEEL foi criada pela Lei N° 9.427 de 26 de dezembro de 1996. Sua atividade se inicia na emissão do ato de autorização ou concessão, inclui a construção e a operação das usinas e barragens. Os fiscais de geração realizam também inspeções não programadas para verificar irregularidade nas condições de operação, legalidade, existência de obras irregulares e usinas que operam sem autorização. Nos relatórios, os fiscais enumeram as irregularidades que ferem a legislação do setor elétrico e as enquadram como não-conformidades sujeitas a determinações para sua correção. A gravidade do problema detectado pode levar a punições que variam de advertência, multa e até embargo das obras. As recomendações notificadas pelos fiscais dizem respeito a problemas que não comprometem a geração, mas prejudicam o funcionamento da empresa.

Segundo o PL 1181/03, a fiscalização da segurança de barragens caberá (BRASIL, 2003):

- I. à entidade que outorgou o direito de uso dos recursos hídricos quando o objetivo for de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico;
- II. à entidade que concedeu ou autorizou o uso do potencial hidráulico, quando se tratar de uso preponderante para fins de geração hidrelétrica. No caso das barragens de hidroeletricidade trata-se da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- III. à entidade outorgante de direitos minerários para fins de disposição final ou temporária de rejeitos; e
- IV. à entidade que forneceu a licença ambiental de instalação e operação para fins de disposição de resíduos industriais.

A DN COPAM 87/2005 (MINAS GERAIS, 2005) determina que, em nenhuma hipótese, o empreendedor poderá isentar-se da responsabilidade de reparação dos danos ambientais decorrentes de acidentes, mesmo que sejam atingidas áreas externas ao domínio definido pela área a jusante da respectiva barragem.

Existem também alguns artigos da Constituição Federal de 1988 que tratam da segurança e direitos da população e deveres do Estado (BRASIL, 2006), e a Lei de Crimes Ambientais, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998).

### **3.5.3 Responsabilidades e segurança de barragens**

Os concessionários de usinas hidrelétricas têm suas responsabilidades previstas nos contratos de concessão de cada usina. No que se refere às barragens, os contratos de concessão atuais estabelecem que os concessionários devem manter e executar programas periódicos de inspeção, monitoramento, ações de emergência e avaliação da segurança das estruturas dos Aproveitamentos Hidrelétricos, instalando, onde aplicáveis, as instrumentações de controle de barragens, mantendo atualizada a análise e interpretação desses dados, os quais ficarão à disposição da fiscalização da ANEEL.

Os contratos de concessão prevêm que a fiscalização da ANEEL abrangerá a avaliação das condições de segurança e conservação das barragens, demais estruturas civis, e órgãos de descarga.

A Política Nacional de Segurança de Barragens, estabelecida no PL 1.181/03, tem entre seus objetivos:

- Garantir a observância de padrões mínimos de segurança de barragens de maneira a reduzir as possibilidades de acidentes e suas conseqüências, visando à proteção da população e do meio ambiente;
- Regular as ações mínimas de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens, em todo o território nacional;
- Promover o monitoramento e acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens; e
- Fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

Um dos instrumentos básicos para a implementação da PNSB é a criação do Plano de Segurança da Barragem. Esse Plano requer, entre outras informações, o Plano de Ação Emergencial para as barragens classificadas como “danos potenciais altos”.

Um dos fundamentos do PNSB, e que vai de encontro ao que é aplicado mundialmente, é de que o proprietário da barragem é o responsável pela sua segurança, devendo desenvolver ações para garantir isso.

Além do sistema de classificação de barragens, são instrumentos da PNSB, o SNISB, os programas de educação e comunicação sobre segurança de barragens e o Plano de Segurança da Barragem. O Plano de Ação Emergencial (PAE) deve estar contido nesse último quando exigido pelo órgão fiscalizador, em função do dano potencial associado à barragem, e sempre que a mesma for classificada como de dano potencial associado alto.

A Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (crimes ambientais) dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, nas quais se encaixariam os danos ambientais derivados da propagação da cheia induzida pela ruptura de barragem sobre o vale.

### **3.6 *Legislação ligada à proteção da população ou à defesa civil***

Como não existem legislações específicas sobre a proteção da população face a desastres produzidos por barragens, a seguir são citados alguns documentos legais cujo conteúdo se relaciona ao tema tratado neste trabalho.

O inciso XVIII do Art. 21 da **Constituição Federal de 1988** (BRASIL, 2006) estabelece que compete à União “planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações.” O § 5º do Art. 144 determina que cabe aos Corpos de Bombeiros Militares, além das atribuições definidas em lei, a execução de atividades de defesa civil. A segurança pública, onde se insere a defesa civil, é portanto dever do Estado e compete à União legislar sobre o tema.

Usualmente, em diversos países, os proprietários, ou concessionários de barragens devem fornecer informações adequadas e suficientes para que os órgãos de defesa civil se organizem e possam atuar em situações de emergência.

A União, através do **decreto nº 5.376, de 17 de fevereiro de 2005**, dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC, cujos órgãos constituintes objetivam à redução dos desastres e têm por finalidade (BRASIL, 2005):

- planejar e promover a defesa permanente contra desastres naturais, antropogênicos e mistos, de maior prevalência no País;
- realizar estudos, avaliar e reduzir riscos de desastres;
- atuar na iminência e em circunstâncias de desastres;
- prevenir ou minimizar danos, socorrer e assistir populações afetadas, reabilitar e recuperar os cenários dos desastres; e
- promover a articulação e coordenar os órgãos do SINDEC em todo o território nacional.

O SINDEC é composto por sete categorias de órgãos: superior (CONDEC), central (SNDC), regionais (CORDEC ou correspondentes), estaduais (CEDEC ou correspondentes), municipais (COMDEC, NUDEC ou correspondentes), setoriais (órgãos da administração pública) e órgãos de apoio (públicos ou privados, voluntários, ONGs, associações).

Cada órgão do sistema é responsável por articular, coordenar e supervisionar o sistema no seu nível de atuação. Entre suas competências estão: manter o Grupo de Apoio a Desastres (equipe técnica multidisciplinar) mobilizável a qualquer tempo para atuar em situações críticas; coordenar a elaboração e implementação de planos diretores de defesa civil, planos de contingência e planos de operações; promover e apoiar a inclusão dos princípios de defesa civil nos currículos escolares; implantar bancos de dados e elaborar mapas temáticos sobre ameaças múltiplas, vulnerabilidades e mobiliamento do território, nível de riscos e sobre recursos relacionados com o equipamento do território e disponíveis para o apoio às operações e realizar exercícios simulados, com a participação da população, para treinamento das equipes e aperfeiçoamento dos planos de contingência.

Estabelece que os municípios poderão exercer, na sua jurisdição, o controle e a fiscalização das atividades capazes de provocar desastres. Estabelece ainda que, em situações de desastre, as ações de resposta e de reconstrução e recuperação serão de responsabilidade do Prefeito Municipal ou do Distrito Federal.

As atribuições da COMDEC estão estabelecidas na Política Nacional de Defesa Civil e nos demais atos legais aprovados pelas legislações estaduais e municipais, de forma complementar. Dentre elas têm-se:

- Coordenar e executar as ações de defesa civil;
- Priorizar o apoio às ações preventivas e às relacionadas com a minimização de desastres;

- Elaborar e implementar Planos Diretores de Defesa Civil, preventivos, de contingência e de ação, programas e projetos de Defesa Civil;
- Vistoriar áreas de risco e recomendar a intervenção preventiva, o isolamento e a evacuação da população de áreas e de edificações vulneráveis;
- Manter atualizadas e disponíveis as informações relacionadas às ameaças, vulnerabilidades, áreas de riscos e população vulnerável;
- Implantar o banco de dados e elaborar os mapas temáticos sobre ameaças, vulnerabilidades e riscos de desastres;
- Estar atenta às informações de alerta dos órgãos de previsão e acompanhamento para executar planos operacionais em tempo oportuno;
- Implantar e manter atualizados o cadastro de recursos humanos, materiais e equipamentos a serem convocados e utilizados em situações de anormalidades;
- Proceder a avaliação de danos e prejuízos nas áreas atingidas por desastres;
- Propor à autoridade competente a decretação ou homologação de situação de emergência e de estado de calamidade pública, observando os critérios estabelecidos pelo CONDEC;
- Executar a distribuição e o controle dos suprimentos necessários ao abastecimento da população, em situações de desastres;
- Capacitar recursos humanos para as ações de defesa civil;
- Implantar programas de treinamento para voluntariado;
- Realizar exercícios simulados para adestramento das equipes e aperfeiçoamento dos Planos de Contingência;
- Promover a integração da Defesa Civil Municipal com entidades públicas e privadas, e com os órgãos estaduais, regionais e federais;
- Estudar, definir e propor normas, planos e procedimentos que visem à prevenção, socorro e assistência da população e recuperação de áreas de risco ou quando essas forem atingidas por desastres;
- Prever recursos orçamentários próprios necessários às ações assistenciais, de recuperação ou preventivas, como contrapartida às transferências de recursos da União, na forma da legislação vigente;
- Implementar ações de medidas não-estruturais e medidas estruturais;

- Promover campanhas públicas e educativas para estimular o envolvimento da população, motivando ações relacionadas com a Defesa Civil, através da mídia local;
- Sugerir obras e medidas de prevenção com o intuito de reduzir desastres; e
- Estabelecer intercâmbio de ajuda com outros municípios (comunidades irmanadas).

Os planos de contingência ligados à população têm como objetivos essenciais salvar vidas, reduzir o sofrimento das pessoas e minimizar os prejuízos econômicos. O art. 18 do decreto 5376/05 estabelece que “em situações de desastre, as ações de resposta e de reconstrução e recuperação serão de responsabilidade do Prefeito Municipal ou do Distrito Federal” (BRASIL, 2005). Diz ainda que, quando a capacidade de atendimento da administração municipal estiver comprovadamente empregada, compete ao Governo, estadual ou federal, confirmar o estado de calamidade pública ou a situação de emergência, e atuar de forma complementar na resposta aos desastres e na recuperação e reconstrução, no âmbito de suas respectivas administrações.

Esse artigo estabelece, ainda, que cabe aos órgãos públicos localizados na área atingida por desastres a execução imediata das medidas que se fizerem necessárias e que a atuação dos órgãos federais, estaduais e municipais na área atingida far-se-á em regime de cooperação, cabendo à COMDEC, ou ao órgão correspondente, ativar imediatamente um comando operacional para administrar todas as ações e medidas de resposta ao desastre, estabelecendo, dependendo de suas características e complexidade, comando unificado acordado entre as entidades envolvidas com o atendimento do desastre. Os PAEs são as ferramentas mais adequadas preparadas, anteriormente aos desastres, para responder a eles.

A Política Nacional de Defesa Civil tem, entre as suas diretrizes, apoiar estados e municípios na implementação dos Planos Diretores de Defesa Civil, promover a ordenação do espaço urbano, estabelecer critérios para estudos e avaliação de riscos e implementar programas de mudança cultural e de desenvolvimento de pesquisas afins.

O planejamento contra desastres de natureza tecnológica, como as inundações induzidas por barragens, está inserido na Política Nacional de Defesa Civil através dos “Projetos de Proteção de Populações contra Riscos de Desastres Focais” (BRASIL, 2007). Esses projetos objetivam o planejamento e a preparação dos órgãos do SINDEC, em interação com as comunidades locais, para atuarem frente a desastres de natureza tecnológica.

## Problemas enfrentados atualmente em relação à Defesa Civil

O Brasil está sujeito diariamente a um grande número de desastres e situações de emergência que causam muitas vítimas, além de danos às propriedades e ao meio ambiente. Embora o país não apresente grandes desastres súbitos de evolução aguda, como terremotos, furacões, vulcões e maremotos, existem outros tipos, como os acidentes de trânsito, vendavais e inundações. São desastres cujas conseqüências atingem valores alarmantes.

Segundo Castro (2007), guerras e comoções internas são eventos pouco freqüentes e, em época de contenção orçamentária, a única forma prevista na Constituição Federal para que Estados e Municípios obtenham recursos de créditos extraordinários da União, a fundo perdido e sem necessidade de contrapartidas, é através da declaração, a homologação e o reconhecimento de estado de calamidade pública. Embora os desastres de nível de intensidade alto sejam extremamente raros em nosso país, anualmente são reconhecidos estados de calamidade pública em mais de três centenas de municípios por ano. Na maioria das vezes, essa situação de anormalidade é reconhecida em desastres de nível de intensidade inadequado, de caráter cíclico e de natureza sazonal e, em conseqüência, facilmente previsíveis.

“O uso exagerado desses dispositivos legais relativos a estado de calamidade pública, em função de uma política imediatista e da falta de determinação política para priorizar as atividades de minimização de desastres, contribuem para retardar o desenvolvimento da doutrina de redução de desastres e para maximizar o volume de danos humanos, materiais e ambientais perfeitamente evitáveis” (CASTRO, 2007). Isso prejudica o funcionamento do SINDEC, desestimula o seu desenvolvimento e desacredita a sistemática de avaliação de danos e prejuízos que, por ingerência política, tendem a ser superestimados.

Segundo Calheiros (2002), essa situação é conseqüência da mentalidade e do conceito existente no país de que Defesa Civil e atenção aos desastres são, basicamente, atuar durante ou depois de um desastre acontecer. O mesmo autor ainda acrescenta que “a verdade é que o Brasil é um país que ainda não tem cultura sobre Defesa Civil”.

## 4 PLANOS DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIAS

A segurança do sistema vale-barragem só pode ser garantida por meio da adoção de medidas integradas de gerenciamento de risco e emergências por parte dos responsáveis por ambos os conjuntos do sistema. O documento que consolida os procedimentos para o gerenciamento do risco e as respostas a situações de emergência são os Planos de Ações Emergenciais ou Planos de Atendimento a Emergências.

Neste capítulo são apresentadas metodologias utilizadas em diversos países para o planejamento ao atendimento a emergências relacionadas a inundações induzidas por barragens tanto no âmbito do responsável pela barragem quanto no âmbito dos responsáveis pela proteção da população que vive no vale a jusante. Inicialmente será apresentada uma breve introdução onde se justifica a necessidade de dividir os PAEs em Plano de Emergência da Barragem e Plano de Emergência Externo (à barragem). Em seguida são apresentadas as revisões dos elementos que os compõem, estruturados em tópicos, e serão propostos passos a serem seguidos na elaboração dos respectivos planos.

### 4.1 *Introdução aos Planos de Atendimento a Emergências*

Segundo Viseu e Almeida (2000), existem razões teóricas e vantagens práticas em decompor os PAE em: Interno à barragem e Externo (município). O primeiro corresponde ao conjunto de ações a serem tomadas pela operação da barragem a fim de detectar o problema, tomar as decisões necessárias e notificar os demais envolvidos (populações e autoridades), devendo conter os mapas de inundação. O segundo plano contempla os sistemas de alerta e procedimentos de evacuação da população.

O Bureau of Reclamation dos Estados Unidos (USBR) trabalha, para suas barragens, com o conceito de “Early Warning System”, ou Sistema de Alerta Antecipado, e o define como consistindo de cinco fases (USBR, 1995):

Sob responsabilidade do operador e do proprietário estão:

- a Detecção;
- a Tomada de Decisão; e
- a Notificação.

Sob responsabilidade das autoridades de proteção da população estão os processos de:

- Alerta e Alarme; e
- Evacuação.

Em Portugal, o Plano de Emergência da Barragem, chamado de Plano de Emergência Interno (PEI), deve ser elaborado pelos responsáveis pela operação da barragem, técnicos em diversas especialidades. É um documento onde o conjunto de situações desencadeadas por potenciais eventos anômalos perigosos para a barragem em risco deverá estar caracterizado e as ações de resposta para evitar ou minimizar os efeitos de um acidente deverão estar fixadas. O objetivo final do plano é notificar todos os envolvidos no processo e orientar na execução das ações que devem ser tomadas imediatamente após o evento.

Por outro lado, o Plano de Emergência Externo (PEE) está centrado na gestão da emergência no vale a jusante e seu desenvolvimento deve ser responsabilidade das autoridades de Defesa Civil. É um documento onde se identificam as ações que devem ser tomadas, a partir dos indicadores de ameaças e da notificação advinda do PEB, para assegurar a segurança no vale a jusante, tendo em vista uma rápida e adequada intervenção das autoridades e da população potencialmente afetada, no caso da ocorrência de uma inundação.

Nos **Estados Unidos**, a Agência Federal de Gestão de Emergências (FEMA - Federal Emergency Management Agency), em seu guia técnico relativo ao planejamento de emergências para proprietários de barragens (FEMA, 1998), se preocupa em definir as responsabilidades dos envolvidos em cada ambiente. Assim, o PAE, que é tratado no guia, é de responsabilidade do proprietário da barragem e trata das ações que devem ser tomadas por ele na gestão de emergência. O Estado ou as autoridades locais de gestão de emergências deverão dispor de algum tipo de plano para a comunidade potencialmente atingida, seja um Plano Local de Operações Emergenciais ou um Plano de Alerta e Evacuação.

A Diretriz Básica de Planejamento de Proteção de Civil ante Risco de Inundações **Espanhola** (ESPANHA, 1995) considera dois níveis de planejamento: Estatal e de Comunidades Autônomas (integrados aos Planos de Ações de Âmbito Municipal). Fazem parte desta estrutura geral os Planos de Emergência de Barragens (PEPs – *Planes de Emergência de Presas*) elaborados pelos proprietários das mesmas. Esses planos são integrados aos correspondentes Planos de Comunidades Autônomas e, em caso de emergência de interesse nacional, ao Plano Estatal. O planejamento de emergências ante o risco de ruptura de barragens se fundamenta (i) na elaboração dos PEPs; (ii) na previsão das atividades de proteção de pessoas e bens, a serem tratados nos Planos Estatais, nos Planos das Comunidades Autônomas e nos Planos Ações Municipais; e (iii) no estabelecimento de sistemas de notificação de incidentes e de alerta e alarme que permitam à população e às organizações envolvidas intervir em tempo real.

Observa-se aqui a mesma necessidade de se trabalhar com planos distintos para as barragens e para as comunidades.

A **Argentina** trabalha com um sistema um pouco distinto de gestão da emergência e formatação dos Planos. As concessionárias de barragens devem elaborar os Planos de Ação Durante Emergências (PADE), a serem seguidos pela operação das mesmas, e o Organismo Regulador de Segurança de Barragens (ORSEP) deve desenvolver o Plano Interno Durante Emergências, com suas próprias funções e formas de atuação. As autoridades de proteção civil das “províncias e municípios” devem elaborar seus próprios Planos de Emergência.

No Brasil, o setor de geração de energia nuclear é precursor no gerenciamento integrado de emergências ligadas a riscos tecnológicos. O planejamento de ações para eventuais situações de emergência nuclear prevê a adoção de Planos (Internos) de Emergência Local e Setorial pela ELETRONUCLEAR e pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), respectivamente. Externamente, são preparados os Planos de Emergência Externo, Municipal e Complementares.

Com relação às barragens, o Projeto de Lei 1.181/03 prevê que o PAE, tratado no documento como sendo o da barragem, deve estabelecer as ações a serem implementadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência e identificar os agentes a serem notificados. O plano deverá estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas e deve ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de Defesa Civil. Além disso, o órgão fiscalizador deverá informar imediatamente à ANA e ao Sistema Nacional de Defesa Civil sobre qualquer não conformidade que implique risco imediato à segurança ou sobre qualquer incidente/acidente ocorrido nas barragens sob sua jurisdição.

Um exemplo de integração entre planos internos e externos de um sistema vale/barragem, e seus respectivos procedimentos é ilustrado esquematicamente na Figura 4.1.

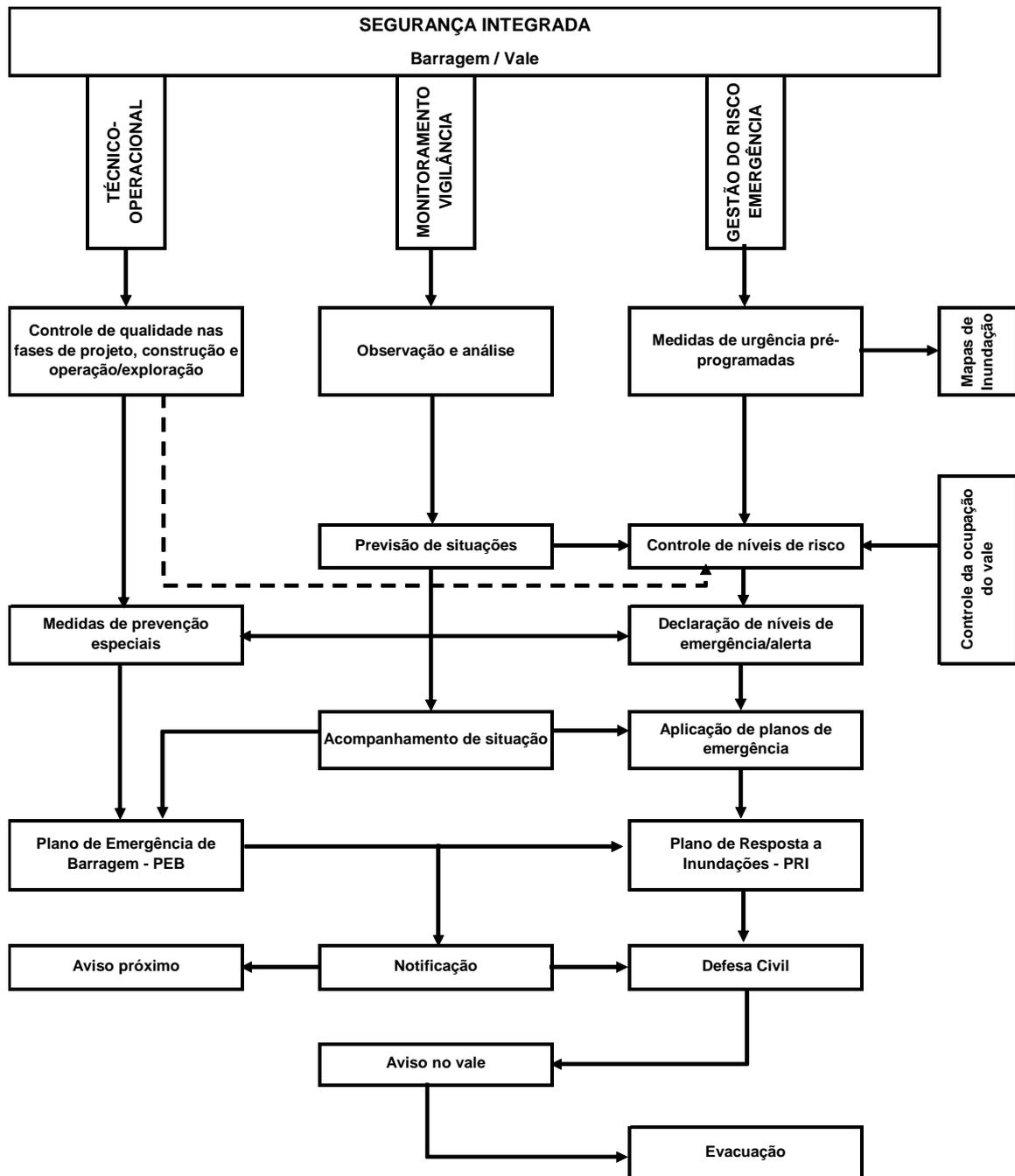


Figura 4.1 – Gestão operacional da segurança integrada Barragem/Vale (ALMEIDA, 2001)

## 4.2 Revisão dos Planos de Emergência de Barragens

A segurança de barragens consiste na adoção de uma rotina eficaz de monitoramento, num plano de manutenção adequado e na prontidão para situações de emergência. A rotina de monitoramento e manutenção possui procedimentos operacionais específicos que devem apontar para um plano de emergência sempre que for detectado um evento não usual ligado à segurança da barragem. Esse conjunto de procedimentos de emergência é consolidado no

chamado Plano de Ações Emergenciais da Barragem, ou simplesmente, Plano de Emergência da Barragem (PEB), que é um dos focos deste trabalho.

O Plano de Emergências deve estar implementado antes do primeiro enchimento da barragem, quando ela sofre sua primeira grande solicitação, sendo efetivamente testada. O PEB deve ser testado e atualizado periodicamente, garantindo sua eficiência nas diferentes fases da vida da barragem e quando for necessária sua colocação em prática.

Trata-se de uma medida não-estrutural de gestão de emergências. Outros procedimentos para adoção de medidas estruturais devem ser tratados em documentos específicos como “Instruções de Procedimentos Operacionais” ou Normas Técnicas. Esses procedimentos e normas devem ser adaptados ao contexto local e os funcionários devem ser treinados para atuar rapidamente em situações de crise.

#### **4.2.1 Conteúdo dos Planos de Emergência de Barragens**

As pessoas reagem aleatoriamente quando se vêem envolvidas em uma situação de perigo; normalmente são reações naturais e instintivas, os quais, sem o preparo e treinamento adequados, podem não ser as melhores ações a serem adotadas em caso de emergência, a tempo de se evitar um desastre.

Os envolvidos na operação e manutenção da barragem freqüentemente se deparam com questões como essas:

- Que evento ou deterioração pode ameaçar a segurança da barragem?
- Se houve uma ocorrência excepcional, como avalio a gravidade?
- O que fazer? Agir imediatamente, aguardar instruções, fugir?
- Quem e como avisar/notificar/alertar?
- Como lidar com o problema? Como devo agir?
- Consigo agir sozinho ou devo contactar outras empresas/pessoas?
- Quais áreas estão ameaçadas e quais são seguras?

O PEB deve conter informações e recomendações para responder a essas questões através de procedimentos a serem adotados para gerenciar as fases de uma emergência deflagrada a partir da detecção de uma situação anormal ou de insegurança. Seu objetivo é evitar ou

minimizar o possível acidente e os danos provenientes dele através de medidas tecnicamente adequadas e ágeis.

De forma a facilitar o trabalho dos proprietários ou concessionários de barragens e a padronizar os procedimentos, alguns países propõem um conteúdo mínimo que o PEB deve apresentar, seja através de regulamentações legais, seja através da própria experiência de seus pesquisadores no assunto. Embora as terminologias adotadas variem um pouco em cada país, o conteúdo básico das exigências é, de modo geral, semelhante ao apresentado abaixo:

- Detecção, Avaliação e Classificação da Emergência;
- Preparação (Procedimentos de Resposta, Sistemas de comunicação, Recursos necessários);
- Responsabilidades;
- Procedimentos de notificação;
- Mapas de Inundação; e
- Documentos para desenvolvimento e manutenção do plano.

Portanto, um PEB deve conter: a identificação dos potenciais eventos ou deteriorações que podem oferecer perigo para a barragem e as formas de os mitigar ou de responder a eles caso ocorram; os mapas de inundação para diferentes cenários de acidentes, que possibilitarão avaliar os efeitos que o acidente pode trazer caso se concretize, permitindo o adequado planejamento por parte das autoridades de defesa civil; e a definição das responsabilidades para cada ação ou tomada de decisão associada ao fluxo de notificações.

Os sistemas de comunicação e de alerta internos e externos (população e autoridades) devem garantir que as ações sejam tomadas com segurança pelas pessoas indicadas. Os recursos humanos e materiais disponíveis e necessários para o desenvolvimento das ações devem estar previamente listados e disponíveis a fim de garantir a agilidade do processo de resposta a emergências. Dentre os documentos a serem agregados ao plano há formulários de notificação, listas de recursos e de entidades e pessoas a serem comunicadas, dados de caracterização do vale e da barragem, entre outros.

Os planos devem ser organizados de forma a facilitar o acesso às informações e a agilizar os processos de notificações e tomada de decisões. Viseu e Almeida (2000) recomendam, em Portugal, que um PEB (Plano de Emergência Interno, em Portugal) seja organizado em duas partes: a primeira deve abordar a caracterização da barragem, do vale a jusante e da cheia de

ruptura, mapas de inundação e identificação dos aspectos mais vulneráveis do vale a jusante; a segunda deve caracterizar os procedimentos a seguir em caso de acidente.

Seguindo também uma linha de separação, o plano proposto pela FEMA, nos Estados Unidos, sugere a separação do plano em Básico e Completo (FEMA, 1998). O primeiro, sem a inclusão de Apêndices, é usado por todos os envolvidos durante a emergência. Os Apêndices fazem parte do plano completo e contêm o material de referência e as justificativas das soluções implantadas no PAE Básico. Abaixo é apresentada a estrutura proposta por FEMA (1998) para a formatação do plano:

*Capa/Página de rosto*

*Índice*

*I. Fluxograma de Notificação*

*II. Propósito/Âmbito*

*III. Descrição da Barragem*

*IV. Detecção, Avaliação e Classificação de Emergências*

*V. Responsabilidades Gerais sob o PAE*

*A. Responsabilidades do Proprietário da Barragem*

*B. Responsabilidade pela Notificação*

*C. Responsabilidade pela Evacuação*

*D. Responsabilidade pelo Término e Continuação dos trabalhos*

*E. Responsabilidades do Coordenador do PAE*

*VI. Prontidão*

*VII. Mapas de Inundação*

*VIII. Apêndices*

*A. Investigação e Análise das Cheias de Ruptura*

*B. Planos para Treinamento, Exercícios, Atualização e Divulgação do PAE*

*C. Características Específicas do Local*

*D. Aprovações do PAE*

No Canadá, a BCHydro também trabalha com dois planos distintos. Um mais simples, contendo apenas as informações realmente importantes para que os órgãos de resposta elaborem seus próprios planos, é entregue para as entidades ligadas aos serviços de emergência dos municípios, e outro, mais detalhado, contendo os estudos de ruptura e propagação, fica na empresa com toda a memória de cálculo (FUSARO, 2004).

Na Espanha, a proposta do Guia Técnico (ESPAÑA, 2001) é de um documento organizado em três volumes. O primeiro contém todos os elementos que podem ser necessários durante uma situação de emergência e incluem todos os capítulos e apêndices. O segundo contém o chamado “documento de operação”, destinado à divulgação externa, e no terceiro estão os

anexos com as justificativas sobre o que foi adotado na parte principal do documento. A seguir, é apresentada a estrutura a ser seguida na elaboração dos planos espanhóis:

*Capa (Volume I)*

*Apresentação*

*Identificação do Documento*

*Índice Geral*

<i>Capítulo 1.</i>	<i>Identificação da barragem</i>
<i>Capítulo 2.</i>	<i>Descrição da barragem, do reservatório e seu entorno</i>
<i>Capítulo 3.</i>	<i>Organização geral. Meios e recursos</i>
<i>Capítulo 4.</i>	<i>Normas de atuação em situações de emergência</i>
<i>Capítulo 5.</i>	<i>Zoneamento Territorial e Estimativa de danos</i>

*Apêndices*

<i>Apêndice 1.</i>	<i>Formulários Tipo</i>
<i>Apêndice 2.</i>	<i>Lista de pessoal próprio designado ao Plano</i>
<i>Apêndice 3.</i>	<i>Lista de meios próprios designados ao Plano</i>
<i>Apêndice 4.</i>	<i>Lista de recursos humanos e materiais alheios designados ao Plano</i>
<i>Apêndice 5.</i>	<i>Lista de órgãos e organizações relacionadas com o Plano</i>

*Anexos (Volume III)*

<i>Anexo 1.</i>	<i>Justificativa da Análise de Segurança da barragem</i>
<i>Anexo 2.</i>	<i>Justificativa do Zoneamento Territorial e Estimativa de Danos</i>
<i>Anexo 3.</i>	<i>Justificativa das Normas de Atuação</i>
<i>Anexo 4.</i>	<i>Justificativa da Organização e dos Meios e Recursos</i>

*Documento de Operação do Plano de Emergência (Volume II)*

No Brasil, o Projeto de Lei 1.181/03 (BRASIL, 2003) não traz definições sobre a estrutura do PAE, mas apenas sobre seu conteúdo, que deve prever pelo menos:

- identificação e análise das possíveis situações de emergência;
- procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou condições potenciais de ruptura da barragem;
- procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados, com indicação do responsável por cada ação, para as situações de emergência; e
- estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas, em situação de emergência.

Nos tópicos a seguir serão apresentadas algumas formas de compor esses itens.

## **4.2.2 Procedimentos para identificação e análise de situações de emergência**

A análise da segurança da barragem consiste, basicamente, na detecção, avaliação e classificação de situações que possam colocar em risco as estruturas. A partir desse trabalho rotineiro, é possível analisar a qual risco o barramento está sujeito.

### **4.2.2.1 Avaliação da segurança da barragem**

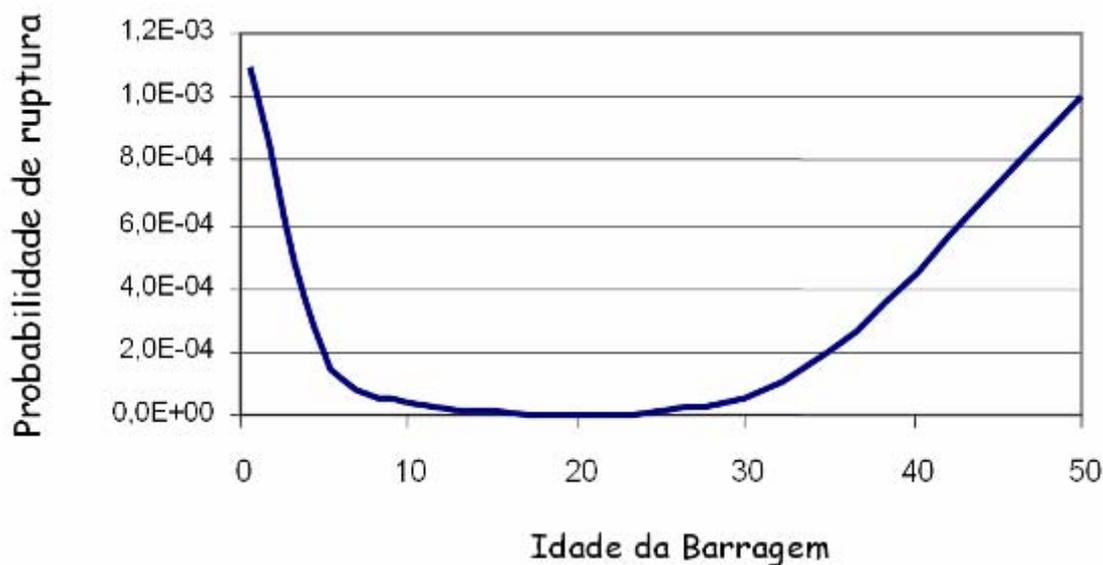
O objetivo da avaliação de segurança de barragens é determinar as condições relativas à sua segurança estrutural, funcional e hidrológica, identificando os problemas, suas causas e recomendando reparos preventivos e corretivos, restrições operacionais e estudos para solução dos problemas. Os processos de “monitoramento de barragens”, também denominados “auscultação de barragens”, são compostos de inspeções visuais e instrumentação com o objetivo de coletar informações que permitam uma adequada avaliação. Esses processos são contínuos e devem atuar nas três fases da vida de uma barragem: projeto e construção, primeiro enchimento do reservatório e operação ou exploração.

Nas fases de projeto e construção, devem ser feitos investimentos de forma que os riscos associados a cada estrutura civil sejam minimizados. O risco remanescente deve ser controlado durante a fase de operação da barragem.

Durante a obra deve-se estar alerta para a ocorrência de eventuais anomalias no comportamento ou de condições que as possam favorecer, como, por exemplo, mudanças em relação ao projeto, alterações nos métodos construtivos, variações térmicas no concreto ou deformações significativas em aterros.

A fase de primeiro enchimento é, provavelmente, o período que mais requer atenção dentre as três. É quando se colocam à prova todos os elementos projetados e, por isso, um dos momentos mais associados a rupturas de barragens. Nessa fase, torna-se possível comparar o comportamento real da barragem com o esperado de projeto e verificar a adequação dos critérios e simplificações (e hipóteses de projeto utilizadas em modelos matemáticos) adotados. Assim, a instrumentação é extremamente importante por possibilitar essas análises e fornecer alertas de possíveis anomalias.

Segundo ICOLD (1995), a maior parte, cerca de 70%, das rupturas ocorre nos primeiros 10 anos da barragem e, mais especialmente, no primeiro ano após o comissionamento. De Cea (2006) apresenta o gráfico da Figura 4.2 correlacionando a probabilidade de ruptura à idade da barragem.



**Figura 4.2** – Relação entre probabilidade de ruptura e idade da barragem (DE CEA, 2006)

Na fase de operação, o monitoramento visa a dois objetivos principais (ICOLD, 2005): o monitoramento a curto prazo, que exige uma avaliação rápida da segurança e das condições de operação; e o monitoramento de mudanças a longo prazo, que envolve uma avaliação completa e aprofundada da segurança da barragem e do reservatório. Na Figura 4.2 observa-se que, após cerca de trinta anos em operação, a probabilidade de ruptura volta a aumentar, reflexo do envelhecimento das estruturas, exigindo mais obras de reabilitação.

As principais ferramentas do monitoramento de barragens são as inspeções visuais e a instrumentação. Essas ferramentas são complementares entre si e, enquanto a primeira constitui excelente instrumento de avaliação global da performance das estruturas, a segunda agrega informações pontuais, por vezes dificilmente detectadas pelo olho humano, por mais treinado que esse seja.

A auscultação não teria sentido sem um critério consistente de instalação de instrumentos com base na investigação dos mecanismos que podem levar à ocorrência dos processos de ruptura, na coleta e na análise técnica dos dados obtidos. Segundo Fusaro (2007), isso conduz a inspeções visuais com foco real na segurança das estruturas e a um plano de instrumentação mais objetivo.

O objetivo final da auscultação é fornecer elementos para as avaliações do comportamento de barragens que, segundo ICOLD (1992), devem obedecer os seguintes procedimentos:

- análise dos documentos de projeto;

- recuperação e leitura de todos os documentos relacionados com a construção da barragem e seu comissionamento;
- análise das deteriorações detectadas através de inspeções visuais durante os anos de operação;
- análise das informações coletadas pela instrumentação;
- estudos dos possíveis modos e mecanismos de falha das estruturas; e
- reavaliação da segurança da estrutura admitida como ‘nova’, tendo em mente a geometria atual, as características dos materiais, descontinuidades existentes e dados reais coletados pela instrumentação, utilizando critérios de projeto e ferramentas computacionais atuais.

É conveniente acrescentar a esses procedimentos a definição dos níveis de segurança da barragem em função dos indicadores investigados no processo de avaliação do comportamento. Assim, o ciclo de avaliação fica completo e, no caso de se perceber que a barragem se encontra em alguma situação de risco, as ações previstas nos Planos de Emergências de Barragens poderão ser tomadas.

As atividades de auscultação estão assim intrinsecamente ligadas aos PAEs, visto que a qualidade na detecção, avaliação e classificação das emergências garantirá o melhor funcionamento dos procedimentos de notificação e atuação das equipes de resposta.

Biedermann (1997) *apud* Viseu (2006) considera que deve ser dada atenção particular às inspeções visuais, já que a experiência comprovou que cerca de 70% de todas as situações de emergência podem ser identificadas visualmente. Isso se deve, principalmente, ao fato de que as inspeções visuais permitem uma avaliação mais global do comportamento das estruturas, enquanto que a instrumentação permite uma avaliação mais pontual.

As inspeções devem ser realizadas por pessoal treinado capaz de identificar problemas potenciais e avaliar tecnicamente o tipo e as causas do problema ou alertar as equipes responsáveis pela segurança da barragem. Todos os problemas detectados são usualmente chamados de deteriorações e aqueles relacionados à segurança do barramento são utilizados como indicadores para a determinação dos níveis de segurança.

Com relação às estruturas do barramento, é necessário verificar: a validade das análises estruturais frente aos critérios de projeto atuais; a qualidade dos revestimentos como rip-raps,

enrocamento e grama; o crescimento de vegetação em áreas de segurança; a ocorrência de deslocamentos, recalques, trincas; desalinhamentos ou formação de juntas; redução da borda livre; a presença de surgências e áreas úmidas (quantidade e turbidez); erosões; a deterioração do concreto devido a reações químicas ou desgastes; o estado de conservação da drenagem; e a evidência de dissolução da fundação ou alterações químicas dos seus materiais.

Na região em torno dos reservatórios, devem ser observadas: as mudanças ocorridas relativas à ocupação e à exploração do solo e da cobertura vegetal (indústrias, mineradoras, atividades extrativistas e empreendimentos imobiliários); as atividades sísmicas, naturais ou induzidas pelo próprio reservatório ou explosões; a estabilidade das encostas; a presença de material flutuante; as fugas de água; as erosões; e a qualidade da água. Além disso, é importante que estejam disponíveis as instruções para operação dos reservatórios, com informações relativas aos volumes de espera e previsões hidrológicas.

A análise da instrumentação deve ser levada em consideração na realização das inspeções. Além de servirem como orientação na detecção de possíveis pontos de problemas, os inspetores devem verificar se os instrumentos estão funcionando bem, se estão danificados ou inacessíveis, se os leituristas estão coletando os dados adequadamente, se são necessários novos instrumentos em função de problemas detectados nas inspeções, ou se os dados estão coerentes com as observações de campo.

A instrumentação de auscultação permite tratar informações de locais que não são inspecionáveis ou onde a mudança de comportamento ocorre numa escala tão pequena que não é possível perceber visualmente e pode ser separada em dois grandes grupos. O primeiro é a instrumentação de auscultação de barragens, cuja finalidade principal é monitorar mecanismos estruturais de falhas possíveis de ocorrer e os parâmetros efetivamente necessários ao acompanhamento do desempenho das estruturas ao longo da sua vida útil. O segundo grupo diz respeito a eventos externos, de origem sísmica ou hidrometeorológica.

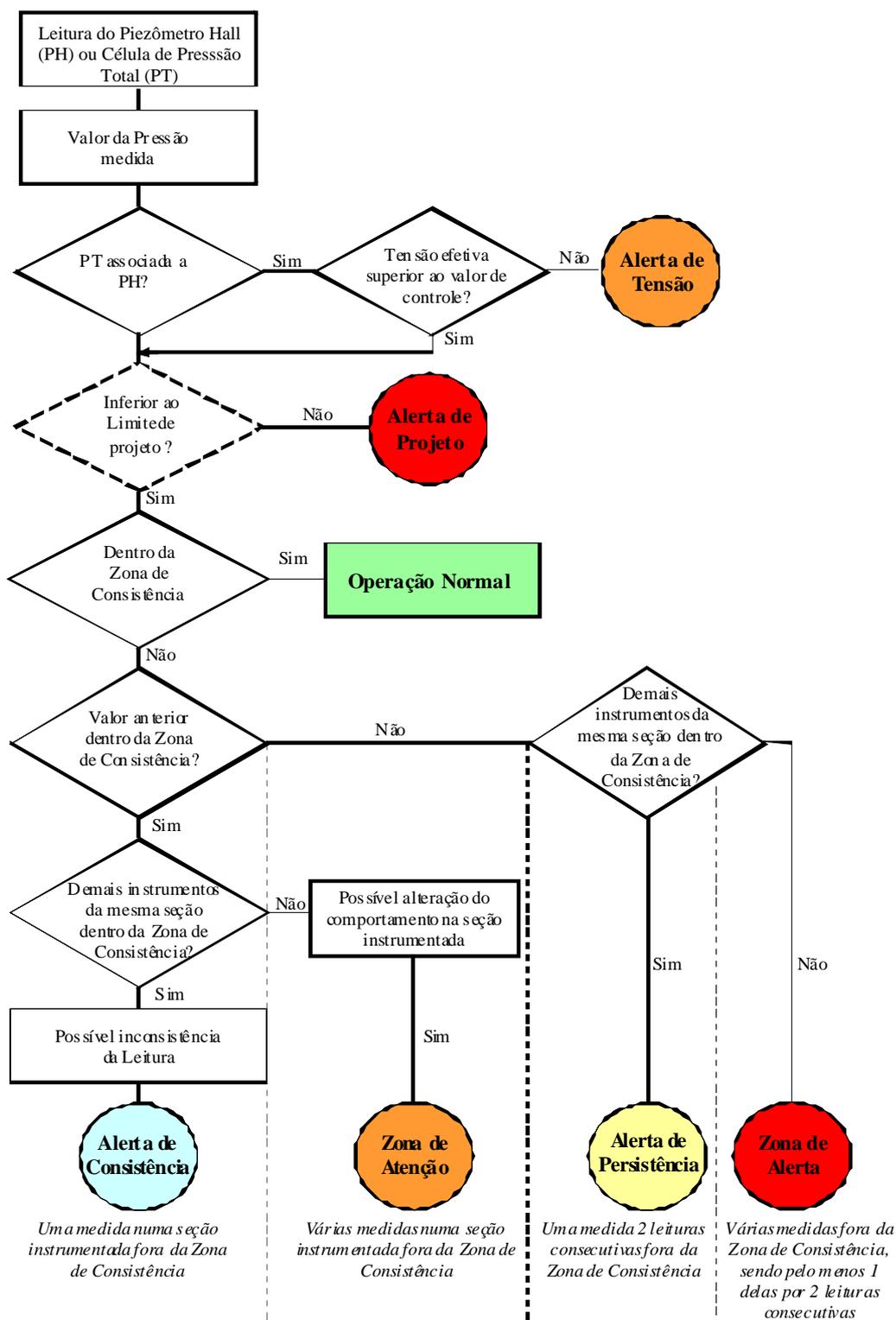
A análise dos dados deve ser feita considerando o tempo para identificar mudanças de tendências e o comportamento esperado em relação aos critérios de projeto. As mudanças de tendência podem indicar problemas que, embora dentro de níveis aceitáveis de projeto, podem evoluir e ameaçar a segurança das estruturas. Cada instrumento é analisado segundo indicadores específicos que estão normalmente relacionados ao comportamento esperado nos locais onde está instalado. Essa avaliação deve ser sempre rápida e, em caso de identificação de problemas, conclusiva na proposição de soluções. Fusaro (2007) sugere que provavelmente

a mais comum e menos justificável deficiência dos atuais programas de avaliação do comportamento de barragens seja que os dados tendem a permanecer sem interpretação imediata, até que sua análise se torne tardia ou obsoleta pela aquisição de novas leituras.

A análise dos instrumentos de auscultação deve ser feita considerando-se os instrumentos como um sistema global onde vários sensores, quando analisados em conjunto, permitem uma avaliação mais fiel do comportamento das estruturas. A definição dos valores de controle dos dados da instrumentação e de suas faixas de aceitação pode ser feita através de métodos determinísticos ou estatísticos. Os primeiros levam em consideração a modelagem numérica da barragem, possibilitando a avaliação do seu comportamento estrutural, através de comparações entre grandezas medidas in situ e aquelas fornecidas pelos modelos matemáticos de análise. A análise estatística se baseia na relação entre as medidas dos instrumentos e outras variáveis, como o nível do reservatório, período do ano ou medida de outros instrumentos. Podem ser aplicados procedimentos de correlação usando as séries temporais obtidas da leitura da instrumentação e representativas do comportamento da barragem após vários ciclos de leitura.

Os métodos determinísticos têm maior aplicação nas fases de enchimento do reservatório e no monitoramento a curto prazo da fase de operação. Cada instrumento deve possuir seus valores esperados pré-estabelecidos, considerando os valores que podem colocar as estruturas em perigo antes do início de enchimento do reservatório. Geralmente são fornecidos pelas equipes de projeto da obra, embora existam casos em que são desconhecidos ou que, dadas as intervenções no barramento, as mudanças ambientais ou a evolução dos critérios de projeto, torna-se necessário recalculá-los.

Os métodos estatísticos estão associados, basicamente, ao monitoramento de longo prazo realizado na fase de operação, já que busca averiguar principalmente mudanças de tendências no comportamento das estruturas, permitindo detectar precocemente alguns problemas. O fundamental é que os instrumentos possuam níveis de controle estabelecidos de forma adequada ao tipo de monitoramento desejado para permitir análises técnicas mais rápidas e confiáveis. A Figura 4.3 mostra um exemplo de fluxograma de tomada de decisão baseado num processo composto de valores de controle estatísticos e determinísticos.



**Figura 4.3** – Exemplo de fluxograma de análise preliminar dos dados de instrumentação por sistema informatizado de gerenciamento da instrumentação (FUSARO, 2007)

Como pode-se observar, existem níveis de alerta intermediários para indicar as ações a serem tomadas, a fim de averiguar as causas nas mudanças de tendência do comportamento do instrumento. Como, nesse momento, ainda não se concluiu que a segurança estrutural está ameaçada, considera-se que essa classificação gera apenas alertas internos, apenas de

referência, e se aplica exclusivamente no âmbito interno do processo de avaliação da segurança, ou seja, inserida num nível normal de segurança da barragem.

A instrumentação de eventos sísmicos e hidrológicos envolve, respectivamente, a detecção de sismos que possam iniciar problemas na barragem e a previsão meteorológica de cheias afluentes e defluentes do reservatório. Com relação aos sismos, as equipes de análise devem averiguar a sua intensidade, no local do barramento, e associá-la aos limites previstos em projeto para a estabilidade das estruturas. Além do mais, a identificação dos sismos é útil na contraposição a reclamações de terceiros quanto aos danos causados por sismos induzidos pelo reservatório ou não. A responsabilidade por essa análise normalmente está no próprio setor de segurança de barragens.

Os sistemas de monitoramento de eventos hidrológicos devem ser analisados pelas equipes responsáveis pela gestão dos reservatórios, que trabalharão com cenários de previsão de afluições para operarem os reservatórios de forma a minimizar os impactos provenientes de grandes cheias propagadas para jusante e a elevação do nível d'água (NA) a níveis críticos para a segurança do barramento. Esses sistemas de monitoramento ainda fornecem subsídio para as equipes de projeto, no dimensionamento dos órgãos extravasores, e para as demais fases de vida da barragem, na previsão de cheias. Esse trabalho está fortemente relacionado às ameaças de inundação a jusante quando não há o cenário de ruptura da barragem. Além da instrumentação citada, essas equipes de gestão de reservatórios deverão ser informadas das vazões propagadas por reservatórios a montante, próprios ou de terceiros.

Os indicadores associados aos sistemas de monitoramento de sismos e de eventos hidrológicos são também quantitativos. Para os sismos devem ser avaliadas as acelerações através de sismógrafos, variação da infiltração, movimentação e deslocamentos na fundação das estruturas. As acelerações limites são aquelas que podem provocar o colapso da barragem ou deteriorações em sua estrutura.

Os eventos hidrometeorológicos são monitorados através de cenários de risco associados às precipitações na bacia de drenagem do reservatório e aos escoamentos registrados nas estações hidrométricas localizadas no reservatório e na bacia. Seus limites devem ser estabelecidos baseados na cheia máxima dimensionada para os extravasores, no nível atual do reservatório, nos estudos que indicam qual a maior cheia que a barragem consegue suportar em segurança e na segurança do vale a jusante, onde consideram-se os níveis que podem trazer danos às propriedades, às edificações e às pessoas.

Os níveis necessários para a determinação desses limites geralmente são obtidos a partir da experiência da operação da barragem, em estudos utilizando modelagem física ou matemática de propagação das cheias, ou em testes a partir do vertimento de vazões controladas e medições dos níveis nas margens ocupadas. Um exemplo de modelo de previsão de cenários hidrometeorológicos é o RIO GRANDE, desenvolvido pela UFMG para a barragem de Camargos (THIMOTTI *et al.*, 2003). Ele permite a previsão das vazões afluentes à barragem utilizando as previsões de precipitação na bacia associadas a um modelo chuva-vazão calibrado para a região. Permite otimizar a operação do reservatório para fins de geração e conseqüentemente aumenta a segurança do empreendimento a cheias extremas.

Outros componentes de grande importância para a segurança da barragem são os equipamentos eletromecânicos, como órgãos extravasores, bombas de drenagem e geradores de emergência. É muito importante que os inspetores de segurança de barragem verifiquem se estão bem dimensionados e se são confiáveis em situações emergenciais. Deve ser testada rotineiramente sua condição plena de funcionamento. Deve-se verificar o treinamento dos operadores na sua utilização e nas instruções operativas, que devem estar atualizadas e adequadas aos cenários potenciais de utilização. Os acessos aos equipamentos devem estar garantidos e o funcionamento dos sistemas auxiliares de energia e outros sistemas redundantes de controle devem ser verificados. Importantes perguntas a fazer são: os extravasores são capazes de rebaixar o nível do reservatório rapidamente em emergências? eles estão funcionando adequadamente? a sua operação extrema pode acarretar riscos para a barragem?

As equipes de segurança civil e patrimonial, e de operação e manutenção responsáveis pelo funcionamento da barragem precisam ser treinadas e conscientizadas da importância do seu trabalho, além de terem instruções e autoridade adequadas para tomarem decisões em emergências. Os inspetores devem verificar se as condições adversas estão sendo devidamente registradas e notificadas em tempo hábil; se o barramento está sendo examinado freqüentemente; e se a área industrial está protegida contra vandalismo ou sabotagem.

Os acessos e os meios de comunicação com a barragem devem ser adequadamente mantidos. Deve-se verificar se não correm risco de serem interrompidos durante desastres e se existem caminhos alternativos e sistemas de comunicação redundantes.

#### 4.2.2.2 Níveis de segurança, de alerta ou de emergência

Os níveis de segurança orientam os envolvidos na definição do grau de perigo em situações de emergências auxiliando nas tomadas de decisão e indicando os passos a serem seguidos após a identificação de uma situação que possa colocar em risco a segurança da barragem. Essa classificação deve ser escolhida cuidadosamente, para que os responsáveis pelas repostas a emergências, tanto das barragens quanto das comunidades a jusante, as compreendam clara e rapidamente quando enviarem e receberem notificações. A sua utilização influencia significativamente a eficiência das etapas que sucedem a sua definição durante uma emergência, devendo a sua utilização ser o mais correta e rápida possível.

Usualmente, são adotados três ou quatro níveis de segurança, que podem estar caracterizados em cores, números ou letras.

Nos Estados Unidos (FERC, 2007) e na Suíça (MARTINS, VISEU, RAMOS, 1999), são propostos, geralmente, três níveis de classificação para emergências: dois, envolvendo risco de ruptura, e um para emergências sem risco de ruptura. No primeiro nível, considera-se que foi registrado um acidente e que a ruptura é iminente ou já ocorreu, enquanto no segundo, uma situação potencial de ruptura está se desenvolvendo e pode ou não ser controlada. O terceiro nível prevê uma situação anormal de operação ou o registro de um acidente sem a expectativa de ruptura.

Outros autores propõem uma classificação em quatro níveis, com o acréscimo de um nível de controle de rotina, onde os eventos detectados não implicam o aumento de perigo para a barragem (ESPANHA, 1995; ALMEIDA, 1999 e MI, 2002). Viseu (2006) apresenta uma estrutura em 4 níveis, conforme mostrado na Tabela 4.1. Nessa estrutura, os nomes dos níveis de segurança são dados em função da cor que os representa e se referem tanto às inundações provocadas pela ruptura da barragem quanto àquelas relativas à propagação de cheias naturais.

**Tabela 4.1 – Níveis de segurança e situações em que são ativados (VISEU, 2006)**

Nível de Segurança	Situações
<b>AZUL</b>	<p>Probabilidade de acidente desprezível</p> <p>Situação controlável – controle da segurança – aviso de descarga às populações na Zona de Auto Salvamento (ZAS)</p> <p>Incidentes que não afetam a segurança (só a funcionalidade); anomalias no sistema de monitoramento</p> <p>Cheias ou descargas controláveis; sismos que originam acelerações muito baixas no local da barragem</p> <p>Situação normal de exploração</p> <p>Responsabilidade: Proprietário da barragem</p>
<b>AMARELO</b>	<p>Probabilidade de acidente baixa</p> <p>Situação controlável – controle de segurança – alerta da Defesa Civil e aviso de descarga às populações da ZAS</p> <p>Incidentes que podem vir a afetar a segurança / acidentes</p> <p>Cheias ou descargas controláveis que implicam cuidados a jusante, mas não provocam grandes inundações em centros populacionais; sismos que originam acelerações baixas no local da barragem</p> <p>Eventual interrupção da operação</p> <p>Responsabilidade: Proprietário da barragem</p>
<b>LARANJA</b>	<p>Probabilidade de acidente elevada</p> <p>Situação que pode ser incontrolável – alerta da Defesa Civil e aviso de prontidão às populações na ZAS</p> <p>Acidentes que põem em risco a segurança</p> <p>Cheias ou descargas que provocam grandes inundações em centros populacionais; sismos que originam acelerações moderadas no local da barragem</p> <p>Interrupção da operação</p> <p>Responsabilidade: a ser definida pelas autoridades governamentais e proprietário da barragem</p>
<b>VERMELHO</b>	<p>Acidente inevitável - catástrofe iminente</p> <p>Situação incontrolável – alerta da Defesa Civil e aviso de evacuação às populações na ZAS</p> <p>Acidentes graves. Catástrofe</p> <p>Cheias que envolvem o galgamento da barragem; vazões extremamente elevadas devido à ruptura da barragem ou de taludes no reservatório que provocam grandes inundações em centros populacionais; sismos que originam acelerações elevadas no local da barragem</p> <p>Interrupção da operação</p> <p>Responsabilidade: a ser definida pelas autoridades governamentais e proprietário da barragem</p>

O Reino Unido tem, possivelmente, o método mais distinto, já que utiliza seis níveis de alerta. A Tabela 4.2 apresenta os níveis de alerta propostos por Defra (2006) para o Reino Unido e os eventos que os iniciam.

**Tabela 4.2 - Níveis de alerta e o que os disparam (DEFRA, 2006)**

Nível de alarme	Evento iniciador (Trigger)	Possíveis ações a serem tomadas	
		Proprietário	Fórum da população local <sup>1</sup>
Observação	Ocorreu um terremoto, ou uma grande cheia está prevista ou já ocorreu	Visita imediata à barragem para observação pelo engenheiro supervisor	Nenhuma (sem notificações, as ações são tomadas internamente dentro da organização do proprietário somente)
Alerta	a) As leituras de instrumentação excederam limites preestabelecidos dos indicadores. b) alguns outros aspectos do comportamento estão fora dos limites normais de comportamento.	Ações a serem tomadas em ordem de prioridade: a) Repetir as leituras para confirmar se estão corretas b) Informar ao gestor da segurança da barragem e ao engenheiro supervisor imediato c) Aumentar a frequência de leituras d) O engenheiro supervisor e/ou engenheiro de inspeções devem visitar o local para inspecionar a barragem tão breve quanto possível e determinar quais outras ações são requeridas.	Esse incidente tem potencial para ser uma emergência, conforme definido no "Civil Contingencies Act 2004". Membros nomeados do "Local Resilience Fórum" devem ser rapidamente notificados para ficarem em prontidão.  Os agentes de resposta de Categoria 1 devem ser ativados, ficando inicialmente de prontidão, planejando as medidas para prevenir uma emergência; reduzir, controlar ou mitigar seus efeitos; e tomar outras ações que podem incluir alertar a população, informando e avisando. As ações podem incluir a evacuação, bloqueio de vias e outras infraestruturas.
Consultivo	Um sério problema estrutural foi detectado. Como precaução, o rebaixamento do reservatório deve ser conduzido a fim de reduzir a probabilidade de ruptura a um nível aceitável	a) Notificação externa para o "Fórum de moradores locais" (Local Resilience Fórum) informando o nível de alerta. Contactar e atualizá-los periodicamente até que o incidente seja considerado como manutenção rotineira.	
Alarme	Um rebaixamento emergencial é necessário para evitar a ruptura	b) Ações internas pré-planejadas segundo tabelas específicas, incluindo indicações do engenheiro de inspeção	
Ruptura iminente	O controle do reservatório foi perdido e a ruptura é inevitável		
Pós-ruptura	A barragem rompeu (um grande descarregamento de água ocorreu)		
Recuperação	A cheia, devido à ruptura, dissipou; a polícia remove seus cordões de isolamento e o controle voltou para as autoridades locais	Seguir os passos para minimizar os conseqüentes impactos ambientais nas áreas adjacentes ao reservatório.	Ações para restabelecer a infraestrutura e reconstruir a comunidade.

Para os parâmetros medidos pela instrumentação de barragens, usualmente adotam-se três níveis de operação: normal, atenção e emergência. A Sociedade Americana de Engenheiros Civis (ASCE, 2000), fazendo analogia à sinalização de trânsito, descreve o nível normal (verde), onde os dados estão dentro dos limites esperados, sugerindo que a barragem está se comportando conforme o previsto, sem indicações de ameaças à sua segurança. O nível de atenção, ou amarelo, corresponde a uma condição não esperada, para o qual os dados coletados indicam comportamento fora dos limites previstos, exigindo investigações adicionais. A emergência, em vermelho, indica uma situação de ameaça à vida e à propriedade, na qual são necessárias ações emergenciais imediatas. Geralmente, considera-se, nesse caso, que o coeficiente de segurança apresentado pela barragem é menor do que 1.

Usualmente, os níveis de operação aplicados à instrumentação não estão associados aos níveis de segurança e alerta da barragem, restringindo-se a um primeiro nível de avaliação de rotina da segurança, devendo ser considerados alertas internos (ASCE, 2000). Entretanto, alguns

instrumentos, como acelerômetros e sismômetros, podem fornecer dados muito diretos da ocorrência de um grande sismo ou da própria ruptura. Na barragem de Alqueva, em Portugal, por exemplo, esses instrumentos são os únicos que estão diretamente ligados ao sistema de alerta, que é ativado quando atingem valores pré-estabelecidos. É um caso raro para o qual os instrumentos de auscultação ativam automaticamente o sistema de alerta sem o julgamento humano.

#### 4.2.2.3 Modos de falha – indicadores e seus limites

Historicamente, as principais causas de ruptura de barragens de concreto, no mundo, são por problemas de fundação. Para barragens de terra e de enrocamento, as causas mais comuns são o galgamento e a erosão interna no maciço da barragem e na fundação. Nas barragens tipo gravidade, as causas mais comuns são galgamento e erosão interna na fundação (ICOLD, 1995).

Geralmente, os eventos externos que causam essas rupturas estão relacionados às cheias extremas a montante (induzidas ou naturais), aos problemas na operação ou no funcionamento dos extravasores, aos sismos e a atos de vandalismo ou sabotagem. Os eventos internos estão relacionados à evolução de deteriorações causadas pelos eventos supracitados ou pelo comportamento da própria barragem. À exceção dos sismos e dos atos de vandalismo, os demais modos de falha, normalmente, podem ser evitados ou previstos com uma certa antecedência ou, pelo menos, apresentam sintomas identificáveis antes que evoluam a ponto de romper a barragem.

Assim, a fim de se evitar o galgamento, algumas medidas podem ser tomadas: as cheias naturais podem ser previstas através de estudos hidrometeorológicos adequados; as cheias induzidas por barragens a montante podem ser notificadas por seus mantenedores imediatamente; e deslizamentos de encostas ao longo do reservatório podem ser percebidos precocemente através de inspeções de rotina. Além disso, os responsáveis pela operação dos extravasores devem ser devidamente treinados em instruções operativas apropriadas e os equipamentos mantidos em perfeitas condições de utilização.

A evolução das deteriorações pode ser monitorada através de um processo adequado de auscultação, conforme detalhado anteriormente. As análises das informações obtidas das inspeções e da instrumentação, complementares e feitas conjuntamente, permitem a identificação de uma grande gama de deteriorações cuja evolução poderia por em risco a integridade de um barramento.

É necessário que haja um plano de monitoramento padronizado indicando os locais a serem inspecionados e o que deve ser observado, aqui tratados como indicadores qualitativos de deteriorações, e as grandezas que caracterizam o comportamento dos maciços, da fundação e das estruturas do barramento, aqui tratados por indicadores quantitativos.

Os indicadores de falha importantes para a elaboração de um PEB estão, portanto, relacionados aos eventos ou situações potencialmente perigosos às estruturas e a sua análise deverá ser cuidadosa, seguindo guias e procedimentos específicos de orientação com as causas prováveis, as principais ações corretivas e os limites associados aos níveis de segurança adotados.

São inúmeros os itens a serem monitorados, mas o PEB deve focar aqueles cuja evolução poderá ameaçar a segurança das estruturas do barramento, que indicam fenômenos ou situações como os que são apresentados abaixo (adaptado de ESPANHA, 2001):

### **Internos**

- Transbordamento;
- Erosão interna no maciço ou na fundação;
- Movimentos diferenciais;
- Deslizamentos dos taludes ou das ombreiras;
- Infiltrações e subpressões no maciço;
- Deformações anormais e recalques;
- Fissuras, trincas ou cavidades;
- Água nas galerias e drenagens;
- Erosões e cavitações (turbulências); e
- Operação dos equipamentos.

### **Externos**

- Cheias naturais extremas;
- Sismos;
- Deslizamentos de encostas nas margens do reservatório;
- Vertimentos de grandes vazões das barragens a montante ou sua ruptura;
- Fogos ou atos de vandalismo;
- Ações bélicas ou atos de sabotagem; e
- Outras causas.

Os principais problemas que afetam as barragens de concreto, de terra e estruturas anexas, os seus indicadores, conseqüências e medidas reparadoras podem ser encontrados na bibliografia especializada brasileira como o “Manual de Segurança e Inspeção de Barragens” (MI, 2002), “Auscultação e Instrumentação de barragens no Brasil” (CBDB, 1996) ou ainda na literatura internacional, como o “Safety evaluation of existing dams - SEED Manual” (USBR, 1983), que foi traduzido para o português em 1987 pela Eletrobrás.

Fusaro (2007) propõe uma série de questões a serem estudadas e investigadas durante a avaliação do comportamento das estruturas do barramento. Essas questões são apresentadas a seguir, separadas pelos tipos de grandezas analisadas:

#### **Análise das vazões de percolação (medidores de vazão, furos de drenagem)**

- As vazões de percolação estão estabilizadas?
- A permeabilidade está aumentando?
- Há indícios de erosão interna?
- A água está saindo de forma controlada?
- A quantidade de água é excessiva para as condições específicas da barragem?
- Os dispositivos de drenagem estão perdendo sua eficiência ao longo do tempo?
- Há dissolução dos materiais da fundação ou do aterro?
- Há presença de materiais carreados?

#### **Análise de deslocamentos e deformações de estruturas de terra e suas fundações (inclinômetros, medidores de recalque, marcos de recalque superficial)**

- A barragem está estável?
- Há deformações excessivas resultantes de erosão interna ou outros problemas?
- Há deformações diferenciais excessivas que possam causar fissuração interna e afetar a distribuição de tensões?
- A borda livre de projeto está sendo mantida?
- As deformações máximas ocorrem nos locais previstos?
- Há juntas ou trincas abertas?
- A operação das estruturas anexas (extravadores, casa de força e tomada d'água) está ameaçada?

### **Análise de níveis piezométricos e subpressões (piezômetros, medidores de nível d'água)**

- Os valores das pressões são superiores aos das análises de estabilidade?
- A distribuição das pressões é a esperada em projeto?
- Quão efetivos foram os tratamentos de fundação (cortina de injeção, cutoff, tapete impermeável de montante)?
- Os dispositivos de drenagem têm capacidade adequada e vêm mantendo sua eficiência?
- Há carga excessiva no pé da barragem? Qual é o gradiente de saída da água?
- Estão ocorrendo mudanças que possam indicar erosão interna independentemente das condições de carregamento?

### **Análise da pressão total (células de pressão total)**

- Quais são as tensões de contato do maciço com as estruturas de concreto adjacentes?
- As tensões são inferiores às esperadas?
- O campo de tensões está estável ou mudando?
- A pressão total é maior que a pressão hidrostática? Ou seja, há risco de ruptura hidráulica? (A tensão efetiva pode ser reduzida a zero se as pressões hidrostáticas forem elevadas, o que é, essencialmente, a ruptura hidráulica)

### **Análise das tensões internas no concreto e rocha (tensômetros, células de pressão, extensômetros e termômetros)**

- As tensões são inferiores às esperadas?
- O campo de tensões está estável ou mudando?
- As tensões nas armaduras são inferiores às esperadas?

### **Análise de deslocamentos em estruturas de concreto e suas fundações (medidores de juntas, pêndulos, extensômetros e marcos de recalque superficial)**

- A barragem está estável?
- Há deformações excessivas no concreto ou fundação?
- A borda livre de projeto está sendo mantida?
- As deformações máximas ocorrem nos locais previstos?
- Há juntas ou trincas abertas?
- Há indícios de escorregamento de um bloco da barragem?
- Há indícios de reatividade do concreto?
- A operação das estruturas anexas (extravasores, casa de força e tomada d'água) está ameaçada?

Grande parte dos indicadores utilizados para determinação dos níveis de segurança vem dos parâmetros que são monitorados para responder a essas perguntas. Definidos os principais eventos ou situações que ameaçam a segurança do barramento, é necessário apresentar quais serão os indicadores utilizados no seu monitoramento e quais os limites para sua classificação em cada nível de segurança. Serão apresentados, a seguir, apenas indicadores utilizados que compõem o barramento, como barragens, vertedouros e tomadas d'água, cuja falha poderia resultar na propagação de cheias a jusante.

### **Indicadores utilizados nas inspeções visuais**

As inspeções visuais são responsáveis pelo monitoramento dos indicadores qualitativos, que devem apresentar níveis de controle e alerta, orientando os inspetores na definição dos respectivos níveis de segurança. Esses níveis são baseados no grau de ameaça que uma deterioração pode causar à segurança das estruturas. Em alguns casos, as deteriorações indicadas nas inspeções podem ser analisadas em conjunto com os instrumentos, o que leva a uma avaliação mais fidedigna do real nível de risco apresentado pela barragem. A orientação, quanto aos níveis de controle para definição dos níveis de segurança, pode ser feita através de uma tabela indicativa. A Tabela 4.3 é um exemplo de ocorrências, suas principais consequências em potencial e os respectivos níveis de alerta relacionados.

Para a maior parte dos indicadores é possível determinar, previamente, apenas os níveis de segurança 0 e 1, principalmente para aqueles relativos a eventos internos às estruturas. Isso se refere a uma primeira aproximação e a classificação em níveis maiores dependerá quase sempre do julgamento de um especialista.

### **Indicadores utilizados na interpretação dos dados da instrumentação**

Os instrumentos normalmente são instalados para monitorar um possível modo de ruptura. É necessário que sejam confiáveis e que seus limites estejam estabelecidos de forma a orientar os processos de tomada de decisão. Como foi visto no item relativo à análise da instrumentação, esses limites geralmente são divididos em três categorias e, para aplicação do PEB, serão tratados como dois níveis de segurança: normal, para a situação de mudança de tendência no seu comportamento até o momento que se determine que essa tendência indique uma deterioração na estrutura, instante em que esses indicadores passam a ser tratados dentro do segundo nível – no qual serão adotadas as primeiras medidas preventivas e de monitoramento intensivo, como será visto adiante.

**Tabela 4.3** – Exemplos de ocorrências e seus níveis (VISEU E ANTÃO da SILVA, 2004)

Ocorrência excepcional	Conseqüências	Nível de alerta
Cheias	Aumento excessivo do nível de água no reservatório Possibilidade de galgamento	Definido com base em indicadores quantitativos
Sismos	Risco de ruptura da barragem Falha na operação dos órgãos de segurança da barragem	Idem
Falha de órgãos de segurança ou de equipamento de operação	Falha na operação de mecanismos, perda de alinhamento de órgãos hidráulicos Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório	Verde (i.e., pode afetar a funcionalidade da barragem)
	Redução da capacidade de vazão, aumento excessivo do nível de água no reservatório, possibilidade de galgamento	Amarelo/Laranja (i.e., pode afetar a segurança da barragem)
Falha dos sistemas de alerta e de aviso	Impossibilidade de notificação	Verde/Amarelo
	Impossibilidade de aviso	Amarelo/Laranja
Falha dos equipamentos de medição e aquisição	Falta de dados de observação	Verde
Anomalias relacionadas com o comportamento estrutural	Fissuração, infiltrações no corpo da barragem e fundação e movimentos diferenciais; Fenômenos de deterioração no betão; Instabilidade estrutural, risco de ruptura	Definido com base em indicadores qualitativos pormenorizados
	Conjunto de grandezas (deslocamentos horizontais e verticais, movimentos de juntas, vazões e sub-pressões) a definir no final do primeiro enchimento	A definir, com base em indicadores quantitativos, de acordo com o comportamento da obra durante o primeiro enchimento
Ruptura de barragem a montante	Sem possibilidade de galgamento Possibilidade de galgamento	Verde/Amarelo Laranja/Vermelho
Deslizamentos de encostas	Obstruções a jusante	Verde
	Geração de ondas anormais (sem possibilidade de galgamento)	Verde/Amarelo
	Possibilidade de galgamento	Laranja/Vermelho
Sabotagem, ameaça de bomba ato de guerra	Possibilidade de afetar a funcionalidade da barragem	Verde
	Possibilidade de afetar a segurança da barragem	Amarelo
	Possibilidade de afetar a segurança da barragem	Laranja
	Perigo de instabilidade ou ruptura	Vermelho
Incêndios florestais	Possibilidade de afetar a funcionalidade da barragem	Verde
	Possibilidade de afetar a segurança da barragem	Amarelo
Acidentes pessoais, incêndios, inundações e vandalismo na central hidrelétrica, POC e pontos importantes	Eventual impossibilidade de operar a distância órgãos de manobra Eventual impossibilidade de notificação e de aviso	Verde (pode afetar a funcionalidade) Amarelo (pode afetar a segurança)

### 4.2.3 Procedimentos de ação

Os procedimentos de ação tratam da preparação para agir baseado no planejamento prévio de ações que devem ser tomadas ao se detectar qualquer anomalia ou evento que ameace a barragem. Visam manter a segurança estrutural do barramento antes da ocorrência de um acidente e, caso esse ocorra, garantir que todos os envolvidos na operação da barragem e autoridades no vale a jusante sejam avisados para agir, evitando consequências mais graves. Segundo Viseu (2006), “a dificuldade em fornecer a resposta adequada à anomalia ou perigo que afeta uma barragem pode ser uma das principais causas para a falha de um alerta útil em casos de ruptura de barragens”.

O estado de prontidão contempla, essencialmente, duas fases que devem funcionar integradas:

- Fase de tomada de decisão, na qual procedimentos preventivos e corretivos de resposta a problemas nas estruturas do barramento ou a eventos externos são atribuídos aos envolvidos e são previstos os meios para sua execução; e
- Fase de notificação, com procedimentos específicos de notificação e alerta associados a um sistema eficiente de comunicação.

Essas fases devem levar em consideração vários tipos de situações e adversidades para que o estado de prontidão seja garantido e seja eficiente, quando uma resposta for necessária. Segundo FERC (2007), as ações devem ser planejadas considerando-se:

- a vigilância constante através de sensores, câmeras e observadores;
- as respostas durante a noite, finais de semana e feriados e períodos de clima adverso;
- manutenção de acessos ao local;
- suprimentos de emergência; e
- sistemas alternativos de comunicação.

Os planos de ação podem ser divididos em quatro conjuntos principais:

- os procedimentos de ação imediata, preventivos e corretivos (o que fazer?);
- as funções e responsabilidades de cada um na cadeia de decisões (quem faz?);
- os recursos humanos e materiais necessários; e
- os procedimentos de comunicação e notificação.

#### 4.2.3.1 Fase de tomada de decisões

Os procedimentos preparados para essa fase são materializados em planos de ações de resposta a ameaças. Essa resposta consiste na aplicação de normas de atuação elaboradas em fases anteriores aos desastres, testadas convenientemente. São acionadas em situações que tirem o barramento de sua condição normal de segurança e devem estar previstas em função do evento detectado e dos níveis de segurança classificados a partir da análise dos indicadores apresentados e seus respectivos níveis de segurança e alerta.

Os procedimentos de ações preventivas e corretivas são normalmente apresentados na forma de uma lista que é associada a cada nível de controle e à ocorrência excepcional. As medidas corretivas são normalmente constituídas por obras de estabilização e reforço do corpo ou da fundação da barragem, obras de drenagem e intervenções nos equipamentos eletromecânicos de extravasão.

As medidas preventivas em caso de anomalias, em qualquer nível de segurança, visam manter a estabilidade das estruturas até que seja possível avaliar a situação e agir adequadamente. Essas medidas podem ser essencialmente operativas. Dentre as medidas preventivas, provavelmente as que causam mais impacto são as que envolvem a operação do reservatório da própria barragem e das demais da cascata. Segundo Hope (2007), ocorrem preventivamente cerca de seis deplecionamentos de grandes reservatórios por ano somente no Reino Unido.

Espanha (2001) sugere que o deplecionamento deve ser adotado, se possível, na maioria das situações de emergência, já que o nível do reservatório está associado à grande maioria dos esforços aplicados sobre a barragem, tanto estruturais como hidráulicos. No PEB deverá ser estabelecida a velocidade máxima aconselhável de esvaziamento, de forma a evitar danos aos taludes e ao vale a jusante. O rebaixamento do reservatório elimina, na prática, a ameaça para a população, que só será evacuada se não houver tempo para esvaziá-lo (VISEU, 2006). Essa medida deverá ser, sempre que possível, definida pelo Coordenador Técnico do PEB, a menos que a necessidade seja imediata ou não envolva riscos estruturais, e deverá sempre seguir a Instrução Operativa existente para a operação do reservatório. Essa instrução deve prever autonomia ao operador local na tomada de decisões, no caso de falha na comunicação com o centro de operações.

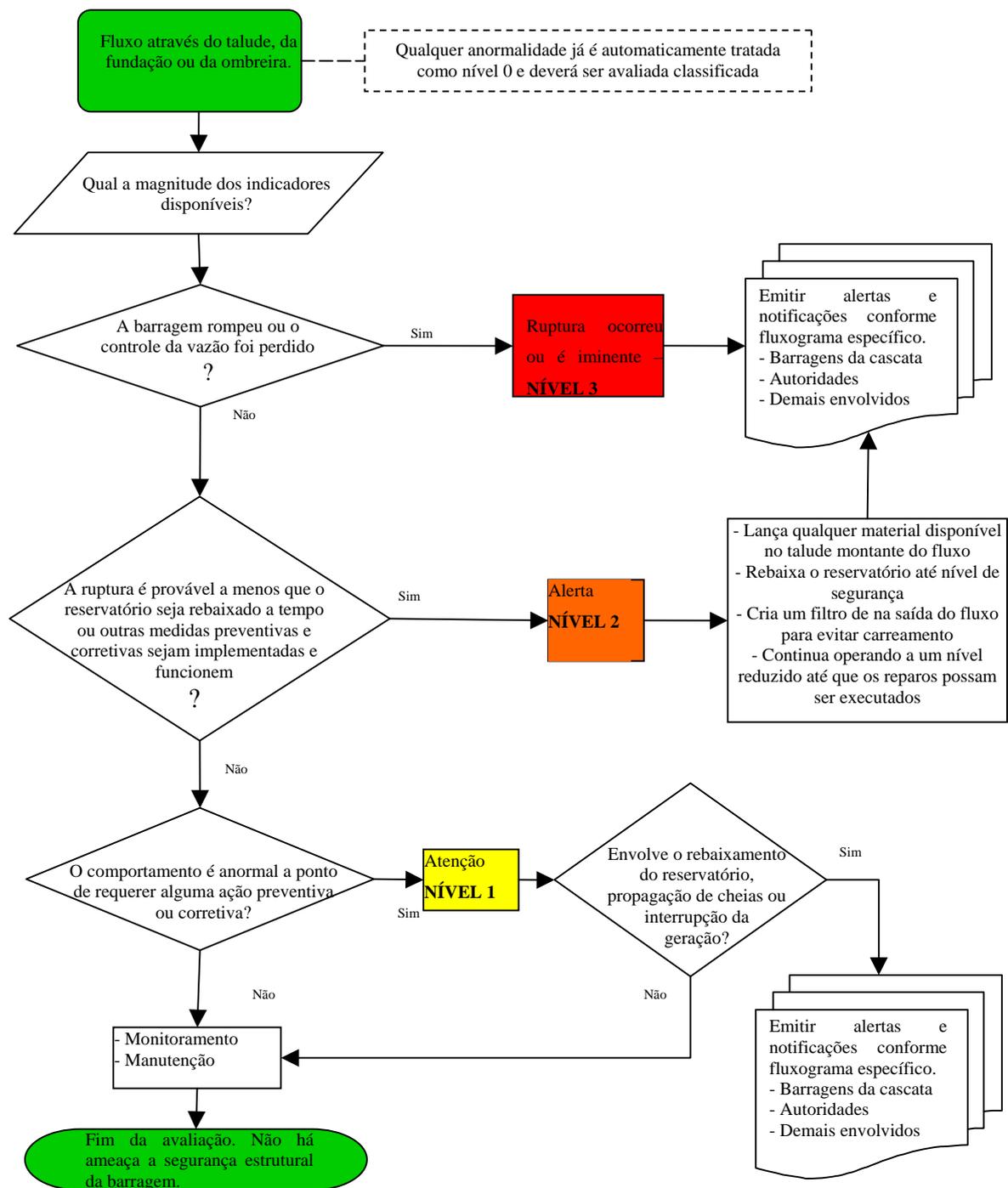
A legislação espanhola prevê que a decisão de se rebaixar o reservatório será de um “Comitê Permanente”, contemplado no Regulamento da Administração Pública de Água e do

Planejamento Hidrológico (Real decreto 927/1988, 28 de julho), salvo casos de imediata e grande necessidade.

A operação conjunta de reservatórios da cascata consiste em solicitar aos operadores de barragens a montante (quando existem) que retenham o máximo de água possível e reduzam suas descargas e, àqueles das barragens a jusante, que descarreguem o máximo de água possível, para aumentar o respectivo volume de espera. Essas solicitações devem ser feitas seguindo o fluxo de notificações previsto no PEB e, no caso das grandes barragens de hidrelétricas, envolvem a comunicação com alguma entidade externa.

No Brasil, a coordenação operativa dos reservatórios de grandes usinas em operação normal é do ONS - Operador Nacional do Sistema e, na emergência, é do proprietário, que mantém a comunicação com o ONS e com os operadores das usinas a jusante. O conceito de emergência adotado pelo ONS é quando a vazão que passa pela usina é maior que a vazão de restrição estimada para o rio a jusante, que geralmente envolve o tipo de uso e ocupação nas planícies de inundação.

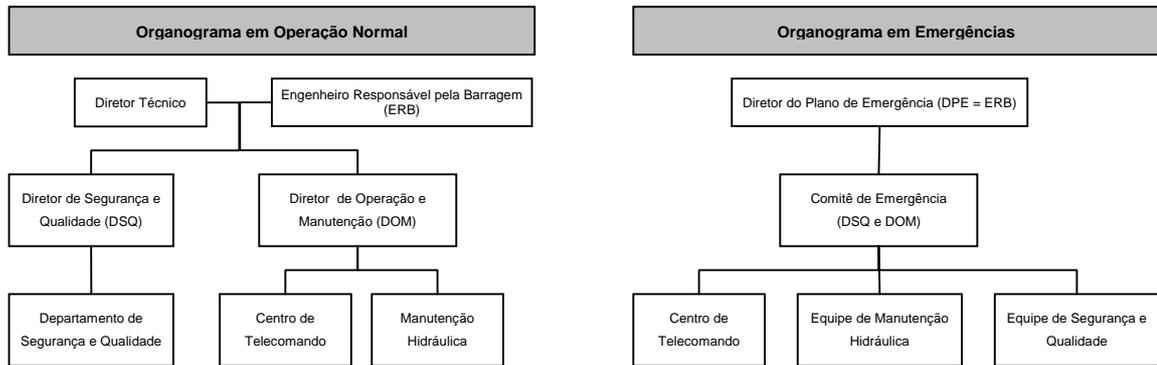
A Figura 4.4 mostra um exemplo de medidas de intervenção associadas a um problema detectado na barragem.



**Figura 4.4** – Exemplo proposto de medidas de intervenção para um problema detectado

#### 4.2.3.2 Recursos Humanos – funções e responsabilidades dentro do plano

O fluxo de tomada de decisão com a determinação de seus responsáveis e suas funções deve ser elaborado segundo uma estrutura mínima, mas sempre adequada à estrutura da empresa mantenedora da barragem. Geralmente as empresas possuem uma estrutura organizacional para a operação normal e outra para emergências, como é o caso apresentado na Figura 4.5, da barragem de Irabia, na Espanha.

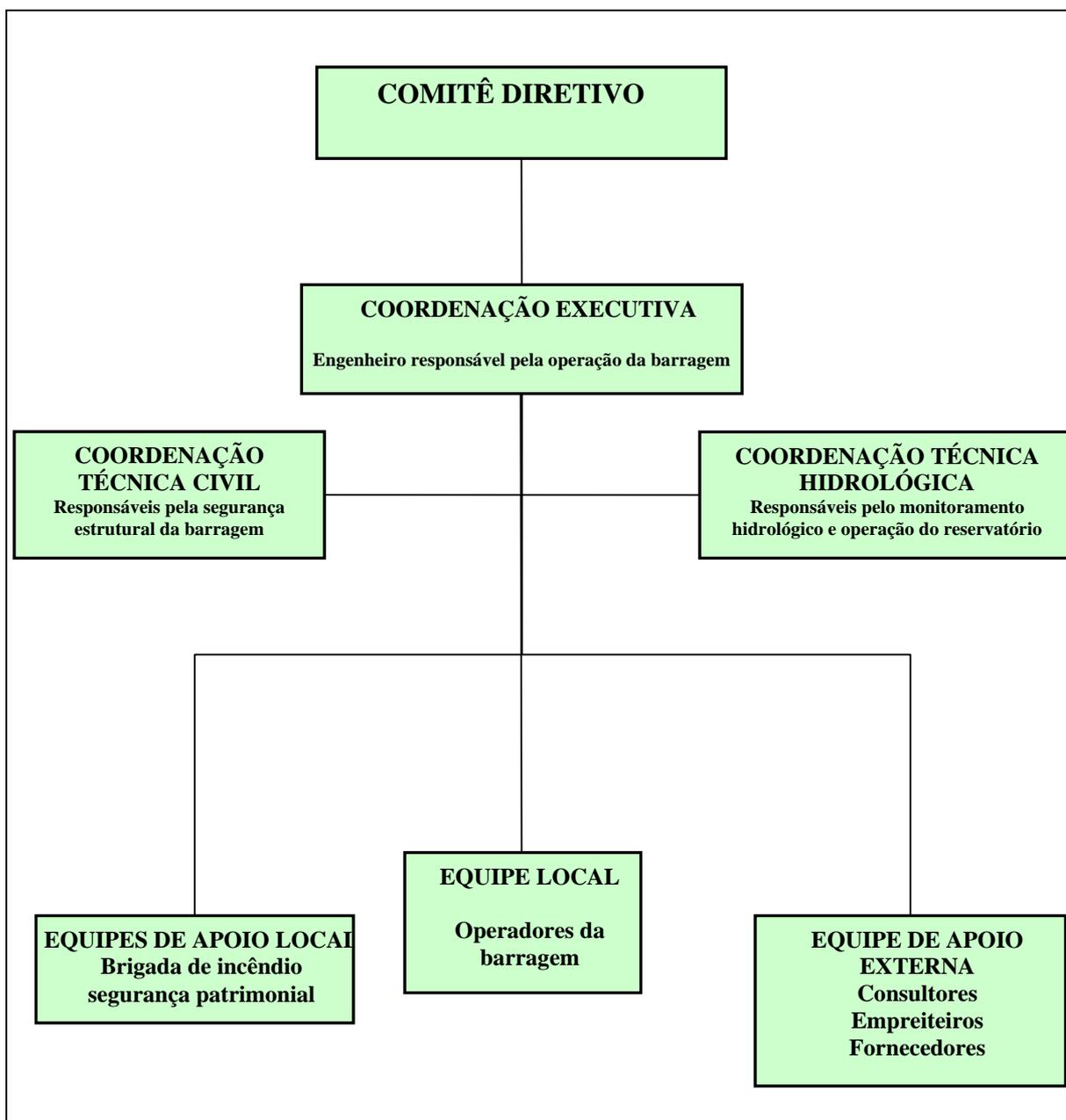


**Figura 4.5** – Organograma da barragem de Irabia, na Espanha (SORALUCE, 2003)

A definição dos responsáveis pelas ações é fundamental para possibilitar a elaboração ao fluxo de comunicação, como será visto adiante. Uma possível organização para lidar em situações de emergências é apresentada na Figura 4.6.

A adoção de um responsável pelo plano e pelas tomadas de decisões técnicas mais importantes é comum na maioria dos guias para elaboração de PAEs pesquisados. Trata-se, normalmente, do responsável pela exploração da barragem, que assume a função de responsável pelo PEB. A terminologia dada a essa função varia em cada país, sendo comum adotar-se o termo “Diretor do Plano”. Neste trabalho, será chamado de Coordenador Executivo.

Dentre as funções do Coordenador Executivo, relativas à segurança da barragem, alguns guias o colocam como responsável pela avaliação das situações emergenciais e classificação dos níveis de segurança, intensificação da vigilância ou monitoramento, determinação da execução das medidas técnicas ou de exploração necessárias para a diminuição do risco, manutenção permanente do nível de informação adequado para os organismos públicos envolvidos na gestão da emergência e emissão do alarme, quando os níveis de alerta remetem a uma probabilidade de acidente considerável.



**Figura 4.6** - Organograma para situações de emergência

Referências como Defra (2006), Viseu (2006), Espanha (2001) e FERC (2007) apontam as responsabilidades do coordenador executivo e suas atuações em todos os níveis de segurança. Suas funções gerais devem ser definidas na regulamentação específica, lembrando que o mesmo contará com uma estrutura organizacional para cumprir a maior parte delas. Os documentos citados consideram somente a participação do Coordenador Técnico, não descrevendo essa estrutura organizacional.

Dadas as funções que deve exercer, é importante que o coordenador executivo tenha condições de compreender bem as emergências e tomar decisões tecnicamente, em cenários

envolvendo cheias extremas, que conheça da área de hidrometeorologia, e, para cenários envolvendo ameaças às estruturas, que conheça da área de segurança e manutenção civil. Em muitas barragens, o responsável pela operação é diferente do responsável pela manutenção civil ou gestão do reservatório e, mesmo onde fazem parte da mesma estrutura organizacional, há distinções. Portanto, tornam-se necessárias as coordenações técnicas, subordinadas à executiva, responsáveis pelas ações de resposta a eventos que possam pôr em risco a segurança estrutural da barragem (coordenação técnica de segurança de barragem) ou hidrológica (coordenação técnica hidrológica).

A coordenação técnica é a principal responsável pelo controle e resposta a esses riscos e a coordenação executiva deve ser informada, periodicamente, das deteriorações e da situação dos indicadores e, imediatamente, quando esses atingirem níveis que interfiram na operação normal da barragem, como, por exemplo, a sua interrupção ou rebaixamento do NA. Em contrapartida, a detecção de quaisquer situações anormais envolvendo as estruturas do barramento ou variações hídricas deverá ser imediatamente reportada às coordenações técnicas. Nas condições que envolvem a atuação das três coordenações, será instituído o Comitê de Emergência, do qual partirão as decisões das ações a serem tomadas para evitar os desastres.

A primeira função do Coordenador Técnico é visitar o local onde detectou-se uma anomalia e classificar a estrutura segundo os níveis de segurança estabelecidos no PEB. As funções seguintes consistem no monitoramento intensivo, na execução de medidas preventivas e corretivas, na informação e notificação aos envolvidos internamente, às autoridades externas locais e aos operadores das barragens a jusante.

As coordenações técnicas costumam atuar no monitoramento rotineiro dos fatores de risco e na detecção dos eventos e situações causadoras de emergências. Possuem assim uma participação extremamente pró-ativa, sendo em grande parte das vezes são os responsáveis pela detecção das principais anomalias, já partindo para implementar medidas corretivas ou preventivas. Como as situações emergenciais mais frequentes são as de riscos hidrológicos, a coordenação hidrometeorológica deverá informar à de segurança de barragens sempre que a condição normal de operação do reservatório for ultrapassada, como, por exemplo, a previsão ou própria redução da borda livre de operação ou operações extremas dos extravasores.

Um comitê diretivo deve ser envolvido sempre que a situação estiver saindo do controle e o alerta à população a jusante for obrigatório, pois dele dependerão algumas decisões e

autorizações pertinentes à sua hierarquia na empresa, como aprovação de recursos emergenciais ou a comunicação com a imprensa e governantes.

Algumas empresas operam e mantêm uma quantidade muito grande de barragens e optam por dividir a coordenação da operação e da manutenção em diferentes equipes que serão tratadas aqui por Supervisão Técnica Regional Local. Essas equipes geralmente possuem um contato mais próximo com a operação da barragem e estão mais envolvidas com indicadores do comportamento de suas estruturas. Nesses casos, é interessante que as funções iniciais como classificação do nível de segurança, as medidas corretivas e preventivas sejam gerenciadas por essas equipes de coordenação locais. Ainda assim, sempre que houver iminência de acidente, o Coordenador Técnico deverá ser, obrigatoriamente, notificado e ele deverá agir conforme o estabelecido no PEB.

As equipes responsáveis pelo monitoramento hidrometeorológico, normalmente, são distintas das equipes de manutenção. Entretanto qualquer cenário hidrológico que implique o aumento dos cuidados a jusante deverá ser notificado à Coordenação Técnica do PEB.

As equipes de apoio são aquelas que os coordenadores utilizam para executar as ações e promover adequadamente a comunicação. Uma das formas possíveis de organização é dividir as equipes de acordo com as ações que desenvolverão:

- Operação e manutenção eletromecânica, responsável pela operação adequada dos equipamentos de descarga principalmente;
- Manutenção civil, responsável pela execução das medidas de resposta às anomalias identificadas nas estruturas do barramento;
- Logística, responsável pelo apoio às operações de emergência, segurança de acessos, alimentação etc;
- Comunicação, responsável pelos processos de notificação e comunicação externos, a autoridades, população, meios de comunicação e outras empresas; e
- Equipe de apoio externa (recursos extra barragem), responsáveis pela execução ou análise das anomalias - é o caso dos consultores, entidades externas e fornecedores de materiais e serviços.

As quatro primeiras são compostas de recursos humanos internos e deve-se assegurar que estejam disponíveis em situações potenciais de acidentes. Para isso, devem ser listadas no

PEB os responsáveis por cada equipe e os respectivos suplentes. Deve-se treinar todo o pessoal envolvido nas atividades inerentes às suas equipes. A equipe de apoio externa é composta por consultores, prestadores de serviço e fornecedores de material e esses são acionados para prover conhecimento técnico, recursos humanos e materiais, respectivamente.

#### 4.2.3.3 Recursos materiais

São os recursos necessários durante as situações e ações de emergência. Fazem parte os meios de comunicação, de aviso e de transporte, equipamentos para fornecimento de energia, materiais de segurança e de construção civil para reparos emergenciais. Esses recursos podem ser fixos, mobilizáveis ou exigir renovação.

Os recursos fixos são constituídos pelos sistemas de vigilância, de comunicação, de aviso e pelos sistemas de alimentação de energia elétrica para os equipamentos vitais da barragem. Esses últimos, geralmente, são compostos por grupos geradores de emergência, movidos a óleo diesel e devem estar preparados para atender aos equipamentos de acionamento dos extravasores, a iluminação do paramento de jusante, das galerias de inspeção e circuitos elétricos dos centros de comando. Nas usinas menores, pode-se avaliar a utilização de equipamentos manuais no acionamento dos equipamentos de descarga, mas deve-se considerar a eficácia desses métodos, de forma a não impor tempos grandes nessa operação.

A vigilância envolve os meios pelos quais a barragem é monitorada. Os operadores muitas vezes estão localizados em áreas potencialmente inundáveis, mais distantes da barragem, e têm um tempo muito curto para procurarem um lugar seguro. Nesse caso e nos casos em que a barragem é operada a distância (tele-operada), é recomendável que seja previsto um sistema de vigilância remota que inclua instrumentação e telemetria. São exemplos as leituras freqüentes do nível d'água do reservatório, o monitoramento da barragem através de câmeras e os sismômetros. Alertas devem estar associados a mudanças bruscas que indiquem algum problema. Os equipamentos devem dar respostas instantâneas para facilitar a ação imediata dos operadores. Pode ser recomendável enviar um observador para a barragem, durante períodos com previsão de grandes vazões, munido de aparelhos portáteis de comunicação.

O PEB deve descrever como é monitorada a barragem e explicar como os sistemas de alerta serão ativados. Se não há um sistema remoto de vigilância, o plano deve conter essa informação.

Os recursos mobilizáveis e renováveis dizem respeito àqueles que a usina deverá dispor para responder a emergências e devem ser inventariados para efetuar essa gestão. Alguns podem já existir em alguma quantidade na própria área da barragem, mas podem ser necessários itens adicionais ou renovação dos que já existem, caso não sejam suficientes. Dentre os mobilizáveis, existem: os equipamentos especializados, como guias, caminhões e tratores; os meios de transporte para a evacuação das equipes da operação da barragem e possíveis operações de aviso a jusante; os meios de transporte fluviais; e os equipamentos de segurança auxiliares como geradores móveis, lanternas ou outros materiais de iluminação, meios portáteis de amplificação da voz e outros meios de comunicação suplementares. Os planos devem prever, ainda, a renovação de recursos como combustíveis e lubrificantes, materiais para primeiros socorros e materiais diversos para manutenção e reparo de equipamentos eletromecânicos ou de estruturas civis.

Quando uma barragem está sujeita a um risco conhecido, podem-se prever recursos materiais visando as emergências mais prováveis de ocorrerem, para garantir as operações e as ações por um determinado período de tempo, já possuindo, às vezes, alguns equipamentos móveis e material estocado, inclusive areia, brita e jazidas de terra para possíveis intervenções no barramento. Ainda assim, é preciso inventariar os recursos que podem ser necessários emergencialmente, listando as formas de obtenção, os seus locais e o tempo para a sua mobilização. Devem ser consideradas as prefeituras e empresas privadas (como os depósitos de materiais de construção ou construtoras e empreiteiras, além dos postos de combustíveis).

É necessário prever iluminação para os vertedouros e barragem para facilitar as ações nesses locais durante a noite. A iluminação pode ser fixa ou mobilizável e deve ter um sistema de energia confiável.

Devem-se prever as condições dos acessos durante as emergências, sua obstrução ou não e os meios alternativos de chegar ao local do acidente. Em alguns casos pode ser necessário mobilizar barcos, helicópteros e veículos apropriados.

#### Estruturas de apoio (Centro de Operações de Emergência)

O Centro de Operações de Emergência (COE) é o local onde o Comitê de Emergência deverá se reunir para monitorar e gerenciar as ações em situações extremas. O COE deve possuir sistemas de comunicação e de energia confiáveis e será o principal local de onde será possível recolher e disseminar informações, coordenar e emitir ordens para ações, mobilizar e gerir recursos, manter e arquivar registros do desenvolvimento da situação e dos custos

relacionados com as operações de emergência e manter a comunicação com os agentes envolvidos no controle da situação de emergência. É onde estarão sediadas as interfaces de comunicação com as entidades envolvidas na gestão da emergência e as autoridades de defesa civil. Tendo em consideração que as emergências ligadas a eventos hidrológicos são mais comuns, tem-se maior utilização do COE nessas situações. Salvo quando a magnitude do evento exigir uma presença no local, grande parte das decisões poderá ser tomada à distância, assim como a comunicação com as autoridades de defesa civil.

No caso de riscos estruturais, poderá ser conveniente dividir o COE em dois - um corporativo e outro local, de forma que no COE corporativo fiquem os níveis hierárquicos mais altos envolvidos nas tomadas de decisão (comitê diretivo) e no local os principais responsáveis pela execução das ações. Essa medida visa a agilizar os processos de tomada de decisões técnicas para atuação mais imediata. O COE local é denominado Sala de Emergência e deve ficar, preferencialmente, próximo à barragem, em local seguro e com visibilidade.

A Diretriz espanhola estabelece como obrigatória a existência de uma sala de emergência para cada barragem ou conjunto de barragens de um mesmo reservatório (ESPANHA, 2001). Viseu (2006) descreve a sala de emergência como sendo um Posto de Observação e Comando onde o Diretor do Plano e os recursos humanos internos deverão permanecer em situação de alerta, localizado em uma zona segura e de preferência com possibilidade de observação visual da barragem. Em Portugal, as salas de emergência são consideradas imprescindíveis, embora muitas barragens ainda não as possuam. No Canadá, por exemplo, a BCHydro possui centros de emergência locais, nas próprias barragens, e outros corporativos, centralizados (FUSARO, 2004).

Na Sala de Emergência, a coordenação técnica deverá se reunir com a coordenação executiva ou com a operação, para gerenciar as operações de emergência em nível local, a partir de orientações centralizadas no COE corporativo. Quando a coordenação executiva está descentralizada, a sua comunicação com o COE deverá ser assegurada por meios de comunicação confiáveis e permanentes.

No caso de uma estrutura organizacional com muitas barragens, poderá ser necessário criar COEs regionais para atender a um grupo de barragens. É importante assegurar que o acesso ao COE não seja interrompido, principalmente pela ruptura da barragem.

A Figura 4.7 mostra um exemplo de sala de emergência muito simples, disponível na barragem portuguesa de Penacova. Essa sala, embora simples, permite a visualização constante da barragem, possui os comandos para operação do vertedouro (uma sirene) e é dotada de um sistema de comunicação por rede celular GSM, telefonia e rádio, possibilitando a operação a distância e troca de mensagens entre os envolvidos.



**Figura 4.7** - Sala de emergência da barragem de Penacova, em Portugal (BALBI, 2007)

#### 4.2.3.4 Fase de notificação

Os procedimentos de notificação compreendem, essencialmente, a determinação do fluxo e dos meios de comunicação entre pessoas e entidades e a forma como deverão ser as mensagens. A instalação e a manutenção de meios de comunicação que permitam o funcionamento eficaz de toda a cadeia de notificação são fundamentais e fazem parte do estado de prontidão.

A fase de notificação é basicamente um conjunto de procedimentos de alerta que envolvem a comunicação estabelecida entre os agentes responsáveis pela segurança da barragem e da defesa civil, indicativa de que existe, ou que poderá existir, uma situação de emergência.

Deve-se considerar o fluxo de comunicação entre os envolvidos no nível interno da barragem (alerta interno), entre as coordenações e as autoridades externas e, quando for uma exigência legal, os sistemas de alarme às pessoas nas zonas imediatamente a jusante da barragem consideradas no auto-salvamento.

A notificação deve ser feita ao responsável pelo PEE a jusante, ou ao serviço de plantão 24 horas, vinculado ao sistema de Defesa Civil, que deverá avisar aos demais agentes utilizando os procedimentos de alerta definidos no respectivo plano.

O sistema de alarme, também chamado de sistema de aviso, é considerado aquele estabelecido para avisar à população no vale a jusante, o que, segundo Viseu (2006), é uma atribuição da Defesa Civil. Embora a própria autora considere que pode ser conveniente o alarme estar contemplado no PEB, no sentido de que aumenta o tempo para salvamento das pessoas potencialmente atingíveis. Em Portugal, cabe ao responsável pelo PEB fazer o aviso à população nas Zonas de auto-salvamento (VISEU, 2006).

Deve-se ter sempre em mente que o treinamento da população para o auto-salvamento deverá ser atribuição do Estado, através da Defesa Civil, assim como é de sua responsabilidade o aviso e a evacuação das demais populações potencialmente atingíveis.

Os procedimentos de alarme serão tratados no capítulo referente aos Planos de Emergência Externos, juntamente com os procedimentos de comunicação e alerta dos agentes envolvidos nesses planos.

Dependendo da localização das instalações industriais associadas à barragem, é necessário, ainda, prever o alerta e evacuação dessas áreas. É o caso da casa de força e edifício de controle nas usinas hidrelétricas.

#### Fluxograma de notificações

O fluxograma é a forma mais usual de apresentação dos procedimentos de notificação. Nele é mostrado quem são os responsáveis por notificar cada envolvido, quem deve ser notificado e em ordem que deve ser feita a notificação. Normalmente, todos os fluxos se iniciam com os operadores da barragem ou de um observador externo. Deve ser acionado o coordenador técnico, que toma decisões orientado pelo plano e pelo seu julgamento técnico, dando prosseguimento ao fluxo. Como exemplos, nas Figuras 4.8 e 4.9 são mostrados fluxogramas propostos por autores portugueses e estadunidenses, respectivamente.

Segundo FERC (2007), é melhor que seja criado apenas um fluxograma para atender a todos os níveis de emergência, por questões de eficiência e simplicidade, mas podem ser criados fluxogramas por nível, sob certas condições de facilidade de compreensão. Podem ser usadas cores para traçar as linhas ou áreas coloridas para separar as fases de notificação segundo os níveis de classificação, ou ser criada uma lista de ações de comunicação na página posterior ao fluxograma.

O número de pessoas a serem notificadas pela coordenação do plano deverá ser relativamente pequena, de forma a evitar confusão numa situação de emergência, melhorando assim a sua eficácia. Para os contatos diretos são incluídos todos os meios possíveis de comunicação com a pessoa.

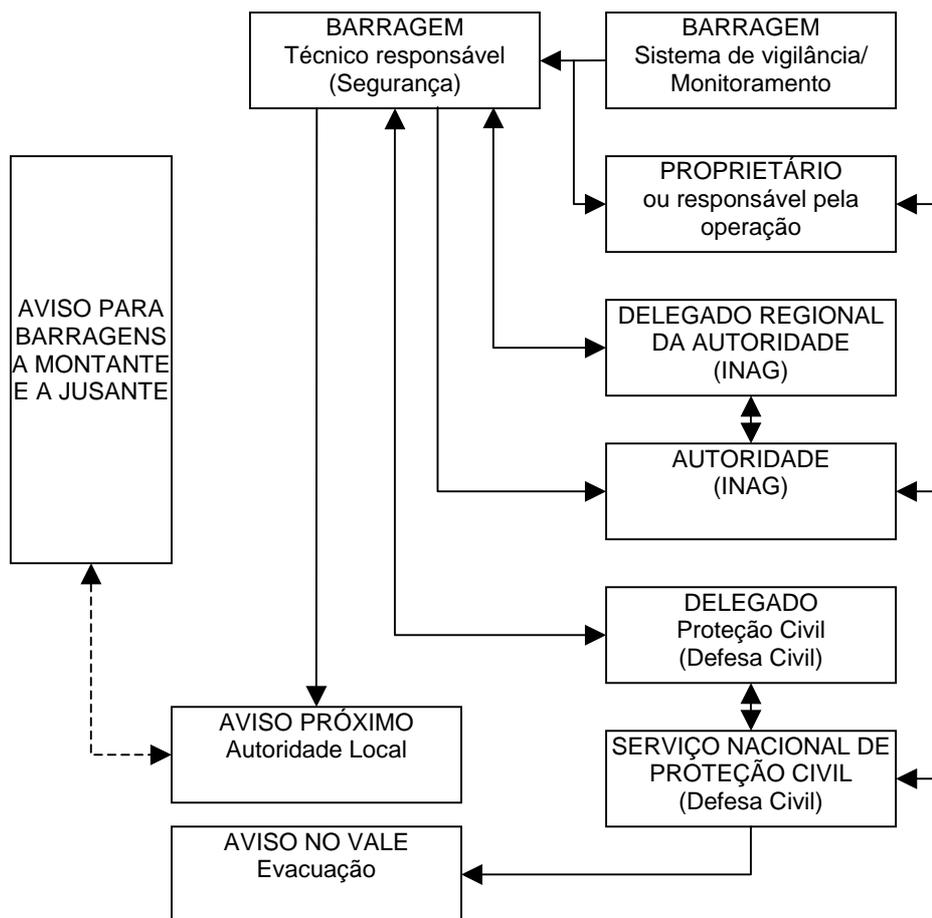
A cadeia de tomada de decisões, em situações de emergência, deverá ser definida de forma a não apresentar dúvidas quanto ao fluxo, aos responsáveis pelas ações e às ações. Os fluxogramas são formas fáceis de exibir esses dados e deverão apresentar os fluxos de comando e de informações relativos a cada nível de segurança atingido. Todos os participantes devem ser devidamente identificados e o poder de decisão de cada um deles deve estar claramente definido e reconhecido.

É necessário garantir a notificação dos principais envolvidos nas ações de emergência e entre os centros de operações existentes, notificando as autoridades responsáveis pela proteção da população quando necessário, e se a legislação exigir, o aviso à própria população em locais específicos. Dentre os possíveis envolvidos podem-se citar:

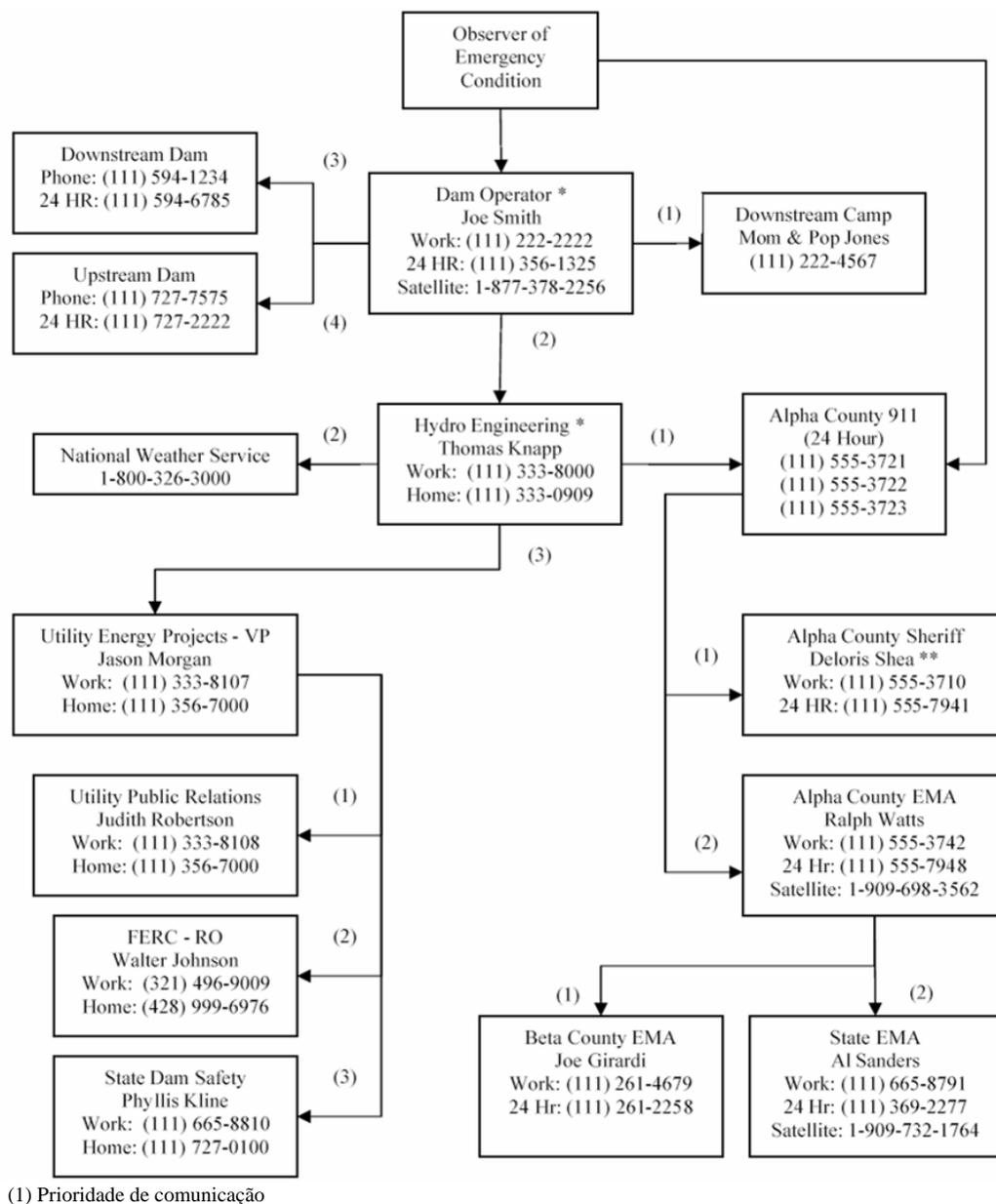
- o proprietário da barragem;
- o operador;
- Autoridade de defesa civil;
- Operadores de barragens a montante e a jusante;
- Gerentes de estabelecimentos nas margens do rio e do reservatório;
- Serviços de meteorologia;
- Imprensa apropriada;
- Agências federais, estaduais ou municipais; e
- Residentes em áreas de risco.

Para que o fluxograma não fique muito extenso são adotadas listas de pessoas a serem contatadas em casos de emergência. Deve-se ter em conta que as autoridades relacionadas à segurança da população, como polícia e bombeiros, podem receber a informação antes dos responsáveis pela barragem, já que estão permanentemente de plantão.

Como exemplo de fluxo de notificação externa, o plano de emergência da barragem do Alqueva, em Portugal, foi formatado de forma que o seu Diretor do Plano Interno (Coordenador Executivo) deve alertar sempre às autoridades dos serviços municipais de proteção civil, de todos os municípios que abrangem a área afetada. Paralelamente, deve alertar aos coordenadores dos centros nacional e distritais de operações de socorro. Informalmente, ainda está estabelecido que, no Posto de Observação e Comando (equivalente ao COE), deverá estar presente um representante do Sistema de Proteção Civil desde o primeiro nível de alerta. Esse representante estará em contato direto com o Diretor do Plano (VISEU, 2006).



**Figura 4.8** - Esquema geral de um eventual sistema de notificação Barragem-Vale (Almeida, 2001)



**Figura 4.9** - Exemplo de Fluxograma de notificação (FERC, 2007 em inglês)

### Meios de notificação e alerta interno

No nível do PEB, os meios de alerta mais usuais são:

- Telefonia fixa e fax (adequados para mensagens escritas e transmissão de dados);
- Rádio;
- Redes de fibra ótica;
- Servidores de e-mails, conectados via telefone, rádio ou satélite;
- Telefonia móvel (celulares);

- Rádios móveis para comunicação;
- Comunicadores via satélite; e
- Sirenes.

Deve-se prever a utilização de mais de um sistema de comunicação. Essa redundância deverá ser prevista tanto no tipo de comunicação quanto no número de canais de comunicação. Muita atenção deverá ser dada a sistemas baseados em rede de telefonia fixa, para que a comunicação não seja interrompida por falhas nas linhas que poderão estar em áreas de risco.

### Mensagens de notificação

As mensagens e frases de alerta devem estar pré-estabelecidas, o seu significado deve ser claro, direto e de rápida compreensão. A mensagem de notificação a ser difundida pela coordenação do PEB, através dos meios de comunicação previstos, deverá ser, preferencialmente, falada e, sempre que possível, enviada também sob a forma escrita.

Essa mensagem normalmente deve trazer algumas informações básicas sobre a emergência como, por exemplo:

- Quem está notificando e função;
- Data e hora;
- Situação anormal detectada ou condições da barragem;
- Contatos; e
- Cenário ou nível de emergência estabelecido.

Na Figura 4.10 é mostrado um exemplo de notificação de emergência adotado pela BCHydro no Canadá.

---

#### **Fax de notificação de emergência de segurança de barragens**

\_\_\_ Dam Alert – Existe situação ou performance anormal da barragem

\_\_\_ Dam Breach – Ocorreu a ruptura da barragem ou uma severa situação anormal tem grande probabilidade de levá-la a ruptura

\_\_\_ Cancelamento da situação declarada de emergência

---

Emergência declarada por .....nome/posição

---

Favor implementar seu Plano de Resposta a Emergências apropriado

---

**Figura 4.10** – Exemplo de notificação adotado pela BCHydro (FUSARO, 2004)

As mensagens devem ser periódicas, de forma a manter os agentes da Defesa Civil atualizados quanto à evolução da ameaça.

#### Finalização da Emergência

Dar-se-á quando as causas que motivaram a sua declaração tiverem desaparecido. Normalmente é determinado pelo Coordenador Executivo. Deverão ser informadas às mesmas entidades envolvidas na notificação dos níveis de emergência.

#### **4.2.4 Mapas de inundação**

Num primeiro momento, o mapeamento das áreas de risco a jusante, no contexto dos Planos Emergenciais da Barragem, tem o objetivo principal de subsidiar a classificação das barragens quanto ao risco potencial. Assim, a cartografia com uma escala razoável, como 1:25.000, pode ser útil na estimativa do número de edificações, rodovias, ferrovias e da ocupação do solo ao longo do vale. Nessa fase, a caracterização exaustiva do vale não influi diretamente na classificação do seu grau de risco, já que, em diferentes legislações internacionais, basta ameaçar a vida de um pequeno grupo de pessoas para que a barragem passe a ser considerada de alto risco.

Essa classificação é de grande importância, pois determinará o rigor e o grau de detalhamento exigido nos demais passos do planejamento de emergência da barragem, em um segundo momento.

Na fase de planejamento de emergência, são realizados estudos de propagação mais precisos, baseados em cenários de ruptura, e será necessário maior conhecimento da ocupação nas áreas de risco. O zoneamento do risco é a divisão do território potencialmente atingido em áreas classificadas segundo o risco envolvido, a magnitude do dano, a vulnerabilidade e os tempos de alerta envolvidos. Essa informação pode ser utilizada para estimar os danos materiais e às pessoas, para definição do sistema de aviso, para planejamento municipal do uso e ocupação do solo, para definição das responsabilidades pelo alerta e evacuação etc.

As representações gráficas desse zoneamento em imagens aéreas ou em mapas cartográficos compõem os *mapas de inundação*, os quais têm importância fundamental nos planos de emergência e são exigidos na maioria dos países estudados, em suas respectivas legislações, regulamentos e guias técnicos relacionados aos PAEs. No âmbito do Política Nacional de

Segurança de Barragens, o mapa se insere no item de estratégia e meios de divulgação para as comunidades potencialmente atingidas.

Seu principal objetivo é mostrar a extensão e o tempo esperado de uma cheia proveniente da ruptura de barragens, auxiliando o gerenciamento das ações de emergências por parte das autoridades e proprietários de barragens. Esses mapas devem fornecer informações para que as autoridades do vale a jusante possam preparar os sistemas de alerta, os planos de emergência e organizar a ocupação urbana ao longo do vale.

No âmbito do PEB, os mapas de inundação auxiliam na avaliação de danos provenientes de um desastre e na determinação dos procedimentos de comunicação com as autoridades responsáveis pela defesa civil ao longo do vale. Externamente, o mapeamento do risco é fundamental para que as comunidades a jusante e suas respectivas autoridades de segurança promovam o planejamento de uso e ocupação do solo e de ações de resposta emergenciais provocadas por inundações. Os mapas devem fornecer informações suficientes para que as autoridades possam planejar suas ações e procedimentos de comunicação, além de melhorar a gestão do uso e ocupação do solo e determinar as áreas prioritárias de evacuação com suas rotas de fuga.

#### 4.2.4.1 Zoneamento de risco

O vale a jusante sofre impactos da cheia induzida de formas distintas e o zoneamento de risco consiste em classificar as áreas potencialmente inundáveis em função do impacto, do grau de perigo e da vulnerabilidade a que estão expostas. As medidas de defesa civil são estabelecidas considerando esses riscos, assim como os estudos de estimativa de danos. As principais características hidrodinâmicas envolvidas nesse zoneamento são (adaptado de ALMEIDA, 2001 e FLOODSITE, 2007):

- Áreas atingidas (determina quais elementos em risco serão afetados, como a existência de aglomerados populacionais, estruturas etc.);
- As cotas máximas dos níveis d'água ou alturas máximas (talvez a maior influência no total de danos);
- Os instantes de chegada da frente de onda ou da cheia (importante nos tempos de alerta e evacuação);
- Os instantes de chegada da altura máxima;

- O valor máximo do produto da velocidade  $v$  pela altura  $h$  de água ( $V \times H$ , em  $m^2/s$ , corresponde ao perigo que a água oferece às pessoas e edificações);
- A velocidade máxima do escoamento (que pode caracterizar a capacidade destrutiva); e
- A duração das submersões (para avaliação dos custos materiais e o tempo de recuperação).

Observa-se que os três parâmetros principais fornecidos pelos estudos de propagação necessários ao mapeamento das zonas de risco são: os tempos de chegada da onda de cheia, as profundidades e as velocidades do fluxo.

#### Grau de perigo em função do tempo de chegada da onda

O tempo entre a identificação da emergência e a chegada da onda nos locais habitados é o primeiro parâmetro para classificação das áreas de risco de inundações provenientes de ruptura. O tempo eficaz de aviso, que permite às pessoas e às organizações prepararem a mobilização de meios e a evacuação das zonas mais sensíveis, talvez seja o fator mais importante na mitigação dos efeitos das cheias ao longo do vale (PLATE, 1997 *apud* ALMEIDA e VISEU, 1998). Isso pode ser observado no critério adotado pelo USBR em 1999 (Tabela 4.4) para estimativa de perdas de vidas em função do tempo de alerta. O Anexo A mostra a quantidade de vidas perdidas em alguns acidentes históricos e o tempo de aviso na situação. É necessário, portanto, que as autoridades saibam exatamente o tempo disponível para atuar e que a operação da barragem atue para garantir esse tempo.

**Tabela 4.4** – Número esperado de vítimas em função do tempo de alerta (USBR, 1999)

Tempo de aviso	Perda de vidas	Número esperado de vítimas (NEV)
0 a 15 minutos	Significante	NEV = 50% no número de pessoas em risco
15 a 90 minutos	Potencialmente significativa	NEV = (número de pessoas em risco) <sup>0,6</sup>
Mais que 90 minutos	Perda de vidas virtualmente eliminada	NEV = 0,0002 x número de pessoas em risco

Geralmente, os guias para elaboração de PAEs pesquisados definem duas zonas de perigo principais: a próxima à barragem, onde as ações da defesa civil são mais limitadas dado o tempo de aviso reduzido, e aquelas mais distantes. As zonas próximas correspondem à área

onde a população deverá estar preparada para sua própria evacuação ao ser alertada pela operação da barragem ou pela defesa civil. Nas zonas mais distantes considera-se que há tempo para que as autoridades orientem a evacuação.

Cada país possui uma classificação de zoneamento que adota critérios específicos e nomenclaturas distintas. Na Suíça, a chamada “zona de segurança imediata” é delimitada pela distância percorrida pela onda em duas horas (SUÍÇA, 1998). Na França, a zona do “quarto de hora” corresponde a 15 minutos (FRANÇA, 1999). Na Espanha (Espanha, 2001) e Portugal (Viseu, 2006) utiliza-se a denominação “Zona de Auto-Salvamento” (ZAS) e o tempo considerado é de trinta minutos. Na Itália, essa área corresponde a um comprimento de 10 quilômetros ao longo do vale (ITÁLIA, 1986). USBR (1995) recomenda que a zona “1”, próxima à barragem, compreenda o trecho cujo tempo de alerta corresponda a até quatro horas. Em países como Inglaterra, Austrália e os Estados Unidos, o auto-salvamento costuma estar intrínseco nos planos de resposta a desastres causados por diversos outros fatores de riscos naturais ou tecnológicos.

Além da zona próxima à barragem, que conforme já foi dito exige atenção especial, existem ainda as zonas mais afastadas, onde considera-se haver um tempo hábil para a atuação da defesa civil. Essas áreas se estendem por muitos quilômetros e precisam ser classificadas de forma a otimizar a atuação das equipes de resposta. Nesse sentido, a legislação francesa divide essas áreas em zonas de alerta I e II; na primeira são previstas submersões significativas e necessidade de PAEs e na segunda se consideram pouco importantes as submersões (FRANÇA, 1999).

#### Grau de perigo em função da profundidade e da velocidade

A importância de uma submersão se deve à capacidade da cheia de provocar danos às pessoas, edificações e aos bens. Os principais parâmetros para se classificar os danos são: a área atingida, a profundidade da cheia (H) e a sua velocidade de propagação (V). A ameaça provocada por esses fatores combinados corresponde ao Risco hidrodinâmico, dado em m<sup>2</sup>/s:

$$\text{Risco hidrodinâmico} = H \times V \quad (4.1)$$

sendo

*H = profundidade [m]*

*V = velocidade do fluxo [m/s]*

Segundo FLOODSITE (2007), os métodos de avaliação de danos materiais e a edificações utilizam principalmente as profundidades, enquanto que a avaliação do risco às vidas é bastante influenciada pelas velocidades de propagação.

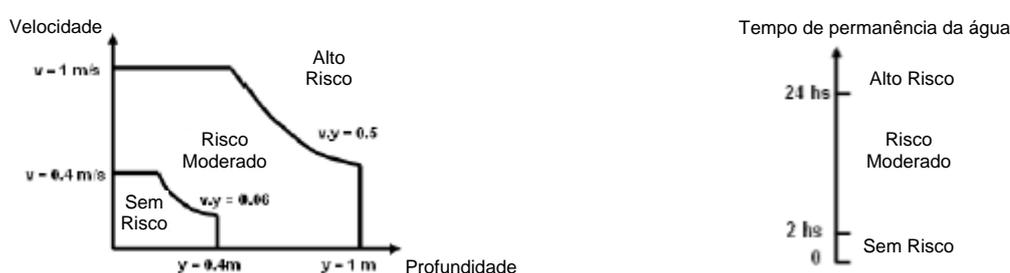
Almeida (1999), citando casos reais de inundação quase estática nos países baixos, indica que, em geral, para profundidades maiores que 3,5 metros, as pessoas atingidas não sobrevivem; para profundidades maiores que 2 metros, 5% da população atingida não sobrevive; para profundidades menores que 2 metros, existe forte probabilidade de sobrevivência. O autor considera ainda que a regra empírica para o fator  $HxV$  de sobrevivência é menor que  $1 \text{ m}^2/\text{s}$ .

Diversos estudos foram realizados a fim de estabelecer valores para os quais as cheias provocam danos. Em um desses projetos, chamado RescDam (SYNAVEN *et al.*, 2000), foram realizadas simulações com pessoas e modelos físicos de edificações para tentar obter o grau de perigo de uma inundação. Alguns parâmetros são mostrados na Tabela 4.5.

Cada país ou agência utiliza um critério específico no mapeamento do risco. Viseu e Martins (1998) sugerem que o limite para o risco hidrodinâmico  $HxV$  é de  $1 \text{ m}^2/\text{s}$  para se considerar uma zona como de perigo alto. Em Defra (2006), estabelece-se que a população a ser considerada em risco é aquela na área onde  $HxV$  é maior que  $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$ . Conforme mostra a Tabela 4.5, o valor de  $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$  corresponde ao limite máximo que crianças e deficientes suportam sem serem arrastadas, enquanto que valores até  $1 \text{ m}^2/\text{s}$  correspondem ao mesmo limite para um adulto.

**Tabela 4.5** – Definição das conseqüências do risco hidrodinâmico (SYNAVEN *et al.*, 2000)

Parâmetro $HxV$ ( $m^2/s$ )	Conseqüências
<0,5	Crianças e deficientes são arrastados
0,5 – 1	Adultos são arrastados
1 – 3	Danos de submersão em edifícios e estruturais em casas fracas
3 – 7	Danos estruturais em edifícios e possível colapso
> 7	Colapso de certos edifícios



**Figura 4.11** – Critério de risco proposto por Corestein *et al.*(2006)

As Tabelas 4.6 e 4.7 apresentam os critérios adotados por Viseu (2006), em Portugal, para graduação do risco em função da profundidade e da velocidade. A graduação de importância é feita considerando-se que, na área de inundação, podem existir edificações capazes de proteger as pessoas em diferentes profundidades. Esse é o princípio da evacuação vertical, que considera que as pessoas podem se deslocar para pavimentos superiores na tentativa de evitar a cheia.

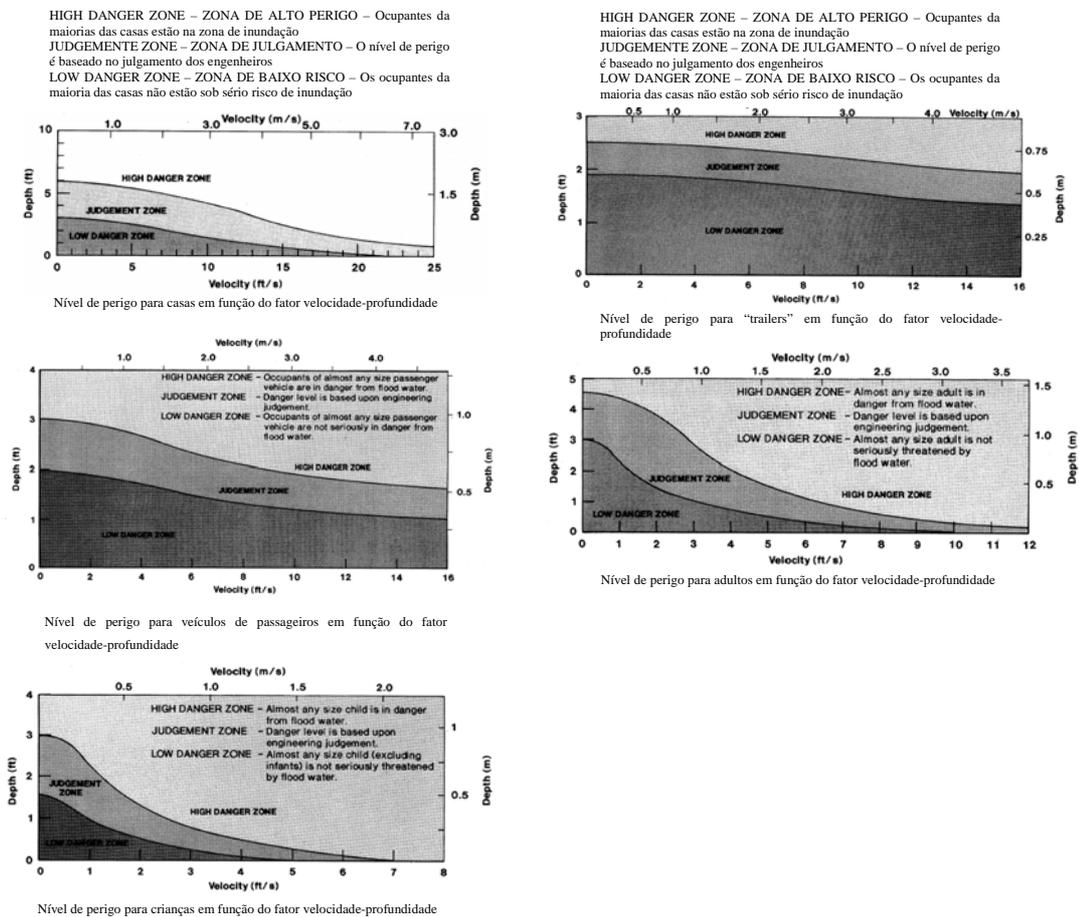
**Tabela 4.6** – Critérios para graduação do perigo para seres humanos (VISEU, 2006)

Nível	Classe	Inundação estática (H)	Inundação dinâmica ( $HxV$ )
Reduzido	Verde	$H < 1$ m	$HxV < 0,5$ $m^2/s$
Médio	Amarela	$1$ m $< H < 3$ m	$0,5 < HxV < 0,75$ $m^2/s$
Importante	Laranja	$3$ m $< H < 6$ m	$0,75 < HxV < 1$ $m^2/s$
Muito importante	Vermelha	$H > 6$ m	$HxV > 1$ $m^2/s$

**Tabela 4.7 – Nível de perigo para edificações (VISEU, 2006)**

Nível	Classe	Inundação dinâmica (HxV)	Velocidade (V)
Reduzido	Verde	$HxV < 3 \text{ m}^2/\text{s}$	$V < 2 \text{ m/s}$
Médio	Amarela	$3 < HxV < 5 \text{ m}^2/\text{s}$	$2 < V < 4 \text{ m/s}$
Importante	Laranja	$5 < HxV < 7 \text{ m}^2/\text{s}$	$4 < V < 5,5 \text{ m/s}$
Muito importante	Vermelha	$HxV > 7 \text{ m}^2/\text{s}$	$V > 5,5 \text{ m/s}$

O USBR utiliza curvas de perigo para classificar o risco decorrente da inundação. Algumas dessas curvas são apresentadas na Figura 4.12.



**Figura 4.12 - Classificação do perigo adotado pelo Bureau of Reclamation (USBR, 1998)**

#### 4.2.4.2 Formatação dos mapas de inundação

Cada país determina seus padrões para apresentação dos mapas a serem elaborados, tipos de representação e de informações, nomenclaturas, escalas etc.

O guia espanhol (ESPANHA, 2001), por exemplo, estabelece que os mapas devem indicar a delimitação da área inundável, com detalhes das zonas que possam progressivamente ser afetadas pela ruptura, devendo ser confeccionados sobre cartografia oficial, de escala adequada.

O guia determina que, para cada uma das hipóteses de ruptura, sejam elaborados dois tipos de mapas, para determinados intervalos de tempo:

- **Mapa com a indicação da envolvente da zona inundável e dos tempos de chegada da onda de ruptura** – neste mapa, se representa a extensão máxima da zona potencial de inundação ao longo do tempo e se indica a posição da frente da onda em intervalos horários computados desde o momento do início da ruptura (30 minutos na primeira hora). Nesses mapas e nas seções ou zonas importantes, populações, zonas industriais, serviços essenciais e vias de comunicação são indicadas e demarcadas as cotas de referência, a profundidade e as cotas máximas, a vazão máxima, a velocidade máxima e os tempos iniciais e de ponta de chegada da onda de ruptura.
- **Mapas de inundação progressiva correspondentes às áreas potencialmente inundáveis aos 30 minutos, 1 hora e horas seguintes** - nestes mapas e nas seções ou zonas significativas ou de singular importância, serão indicadas e demarcadas as cotas de referência, as profundidades e as cotas, as vazões e as velocidades correspondentes aos máximos relativos associados a uma hora determinada, assim como aos tempos de chegada da onda de ruptura e o tempo de ponta correspondente aos máximos relativos temporais.

Dessa forma, cada mapa corresponde à área inundada na hora “i”, o que poderá gerar uma quantidade enorme de mapas.

FERC (2007) recomenda que os mapas mostrem áreas inundadas devido a rupturas em dias secos e em condições de cheias de projeto. Os mapas também devem mostrar os níveis normais de água, devendo-se evitar a representação de muitas curvas no mesmo mapa. Devem-se usar linhas que permitam identificar os limites de inundação sem atrapalhar a visualização de estruturas do local. As áreas entre as linhas de inundação e os níveis de água

devem ser preenchidos ou coloridos para distinguir a área de inundação. Adicionalmente, locais críticos ou estruturas devem ser marcadas para assegurar a sua visibilidade.

Existem diversos programas de geoprocessamento disponíveis no mercado como o ArcGIS (ArcInfo e ArcView) da ESRI, o MapInfo, o Geomedia (Intergraph), AutoCAD Map, MicroStation Geographics, entre outros. São programas que geralmente implicam um alto investimento, porém são muito úteis nos trabalhos de mapeamento de riscos. As atuais tecnologias de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) auxiliam esses trabalhos, permitindo uma apresentação virtual e mais rica dos dados a serem divulgados e analisados.

Alguns programas, inclusive, são capazes de ler os resultados dos modelos de propagação hidráulica e apresentá-los em Modelos Digitais de Terreno (MDT), facilitando significativamente o trabalho. Esse é o caso mostrado em Rubís (2006), que apresenta resultados da elaboração de mapas de inundação e de riscos baseados nas determinações da legislação espanhola, utilizando o modelo hidráulico HEC-RAS combinado ao software de geoprocessamento ArcView através da ferramenta HEC-GeoRAS. Já o Centro de Desastres do Pacífico ([www.pdc.org](http://www.pdc.org)) propõe a utilização do FLDWAV interagindo com o ArcView através de um programa chamado M2M.

#### **4.2.5 Cenários de ruptura**

Cenário é a combinação única de circunstâncias de um ambiente como: evento iniciador, velocidade do vento, nível de água no reservatório, posicionamento das comportas, modo de ruptura, onda de cheia provocada pela ruptura e fatores que determinam a presença de pessoas a jusante da barragem no momento da ruptura.

O cenário define a combinação de circunstâncias com interesse para uma avaliação de riscos. Pode-se falar, por exemplo, em cenários de ações, cenários de ruptura e cenários de inundação a jusante. Verifica-se que, para cada barragem, pode-se construir um número elevado de cenários. É necessário estabelecer um conjunto de cenários que viabilize o estudo e seja representativo das situações potencialmente mais graves a atingir o vale.

Na *Espanha*, o guia técnico recomenda que, em geral, se considerem unicamente “dois” cenários extremos de ruptura (ESPAÑA, 2001):

H1. Cenário de ruptura sem cheia – Reservatório no seu nível máximo normal.

H2. Cenário de ruptura em situação de cheia – Reservatório com seu nível no coroamento e vertendo a cheia de projeto.

O mesmo guia ainda considera um terceiro cenário raro, não envolvendo a segurança estrutural do barramento, mas, sim, dos equipamentos de extravasamento.

A1. Cenário de ruptura de comportas – Reservatório inicialmente no nível máximo normal. Ruptura das comportas seqüencial e progressiva de 5 a 10 minutos para a totalidade das comportas.

O cenário de ruptura em cascata exige uma avaliação conjunta entre os proprietários das barragens envolvidas para a elaboração dos planos e cada proprietário é responsável pela elaboração do PEB da sua barragem. O proprietário de uma barragem precisa conhecer as análises e estudos efetuados em barragens imediatamente a montante para estudar as conseqüências para a sua própria e para o vale a jusante. Assim são analisadas as seguintes situações:

- O reservatório é capaz de reter a onda de ruptura afluyente, não se produzindo uma ruptura em cascata, mas sim uma situação de emergência com vazões extremas; e
- Pode-se produzir o transbordamento da barragem, devendo-se considerar o cenário de ruptura em cascata.

Em *Portugal*, o Regulamento de Segurança de Barragens define cenários como situações que devem ser encaradas para avaliação da segurança das obras e que se classificam em duas categorias: conforme correspondam às condições de uso normal (cenários correntes) ou sejam associadas a uma ocorrência excepcional (cenários de ruptura). Na prática, são considerados dois cenários. No primeiro, a simulação da cheia induzida correspondente ao cenário de ruptura mais provável ou, quando há dificuldade em estabelecê-lo, ao cenário de ruptura extremo. No segundo, considera-se um incidente sem ruptura com propagação de grandes vazões ou esvaziamento do reservatório (VISEU, 2006).

Brasil (2005) sugere a seguinte classificação de cenários de ruptura:

- Cenário 1 ou cenário extremo de ruptura: é o cenário que define a envoltória máxima para as áreas de risco a jusante. Ele deve ser utilizado para o estabelecimento do sistema de aviso e alerta e do plano de emergência.
- Cenário 2 ou cenário de ruptura mais provável: esse cenário ajusta-se melhor a uma situação real. Pode ser utilizado para fins de uso e ocupação do território a jusante.

- Cenário 3 ou cenário considerando somente a ruptura: onda de cheia proveniente somente da ruptura da barragem. O hidrograma afluente ao reservatório é desconsiderado.
- Cenário 4 ou cenário de operação extrema: esse cenário considera um evento de cheia que leva os órgãos extravasores da barragem a um funcionamento em condições críticas, sem, entretanto, ocorrer o colapso da estrutura.

Outra metodologia, dos *Estados Unidos*, considera 3 cenários (FERC, 2007): dois cenários de ruptura, prevendo o “dia de sol” e outro associado a uma grande afluência natural, e um cenário só com a propagação desta. Assim, assegura-se a simulação da pior situação de inundação, estabelecendo-se os tempos e cotas de inundação, a favor da segurança do vale. Esse cenário permite conceber as ações resposta a situações mais prováveis de operação extrema. A redução dos cenários de ruptura simplifica o entendimento e as comunicações durante emergências.

Almeida (2001) aconselha a não se multiplicar desnecessariamente o número de cenários a simular dada a dificuldade de manipulação de grande quantidade de informações. Segundo FERC (2007), em muitos casos, somente um cenário de ruptura, seja em situações normais (sem cheias naturais) ou durante inundações, requer uma análise desde a lista de notificações, e a prioridade para notificações, normalmente, permanece a mesma, independente da condição inicial investigada.

Algumas vezes, a cheia de projeto é muito inferior à de ruptura e sua significância para a simulação é pequena. Ao analisar a bacia como um todo, os afluentes de jusante podem ter uma contribuição significativa nos períodos chuvosos, sendo responsáveis por grandes inundações, independente da barragem, mesmo num cenário de ruptura. Isso pode ser observado, por exemplo, no estudo da ruptura hipotética da barragem de Rio de Pedras e os efeitos induzidos nas cidades a jusante apresentado em Cemig (2006). Situações como essas são mais complexas e, normalmente, são necessários modelos hidrológicos que requerem mais dados do que aqueles disponíveis na operação da barragem.

Em todos os casos, a sensibilidade do projetista e considerações práticas devem governar as análises de rupturas, de forma a se desenvolver o melhor PAE aplicável (FERC, 2007).

#### **4.2.6 Estudo da cheia induzida pela ruptura hipotética**

A propagação da onda de ruptura é uma das etapas do mapeamento dos riscos, a partir da qual se obtém as cotas de inundação, os tempos de chegada, profundidades e velocidades alcançadas pela onda de inundação. Os resultados dessas simulações permitem compor os mapas temáticos de inundações, necessários para estabelecer os tempos de resposta, planos de comunicação e de atuações de emergência no vale a jusante da barragem.

As características dinâmicas da onda de inundação provocada por ruptura dependem essencialmente de (MARTINS E VISEU, 1997):

- características da brecha de ruptura;
- condições iniciais no reservatório e nos trechos do rio a jusante; e
- morfologia do vale a jusante, que influencia a propagação da onda, e que inclui a rugosidade do leito e margens, as perdas de carga localizadas, as zonas de armazenamento e a ocorrência de singularidades como as confluências, pontes e planícies de inundação.

A propagação envolve, essencialmente, o estudo da formação da brecha de ruptura, com sua respectiva vazão de pico e hidrograma efluente, levantamento de dados topográficos e hidráulicos do rio a jusante e a modelagem e propagação da onda no trecho de interesse.

A indefinição relacionada com o caráter aleatório destes aspectos, principalmente dos dois primeiros, obriga os planejadores a atribuir valores predeterminados a eles.

##### 4.2.6.1 Formação da brecha e hidrograma gerado

O processo de ruptura é de grande influência para a magnitude, duração e forma do hidrograma de saída da barragem. Os tipos de barragens interferem significativamente nessas características e os modelos de formação de brecha existentes podem ser divididos em: modelos baseados em equações empíricas, modelos físicos ou semi-físicos, modelos estocásticos e modelos paramétricos, sendo estes últimos os mais populares na engenharia prática (ALMEIDA *et al.*, 2003). Para a avaliação do risco no vale a jusante, espera-se que um modelo de ruptura forneça:

- Vazão de pico e hidrograma de saída;
- Duração do colapso ou tempo de esvaziamento do reservatório; e

- Forma, profundidade e largura final da brecha e tempo de abertura da mesma.

Para definição desses elementos, não existe uma formulação que se possa dizer verdadeira e, embora algumas regulamentações sugiram o que deve ser usado, é um processo ainda muito cercado de incertezas.

Nos Estados Unidos, existem muitos modelos desenvolvidos por suas agências estatais que permitem calcular o hidrograma de ruptura e a propagação no vale a jusante (USBR, NWS, USACE, USGS). Em Brasil (2005), Espanha (2001) e Almeida (2001) podem ser encontradas informações mais detalhadas sobre modelos de ruptura e propagação para diversos tipos de barragens.

Existem programas computacionais, como o HEC-RAS e o DAMBRK, que permitem calcular os elementos citados acima, mas pode-se utilizar, para se obter uma resposta mais rápida, os modelos paramétricos baseados em formulações apresentadas na literatura, como feito em Cemig (2006).

A seguir, são apresentadas algumas formulações que podem ser utilizadas como referência na determinação da forma da brecha e do hidrograma de ruptura. A escolha da mais adequada deve vir do julgamento de quem está analisando o processo da ruptura. A Tabela 4.8 apresenta alguns parâmetros propostos para determinar as características da brecha. Para a determinação da vazão de pico, Brasil (2005) propõe as formulações empíricas apresentadas na Tabela 4.9. A Tabela 4.10 serve de referência para concepção do hidrograma de ruptura, também proposta por Brasil (2005). A aplicação dessas três tabelas associadas e a seleção dos valores por elas apresentados permitem dar início aos estudos de propagação.

**Tabela 4.8 - Parâmetros de formação da brecha**

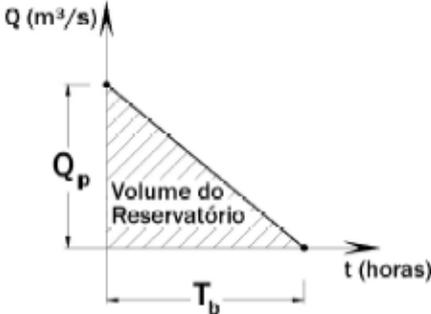
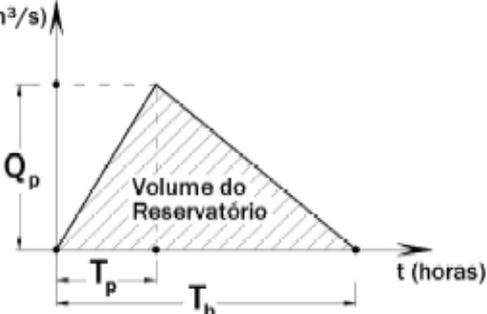
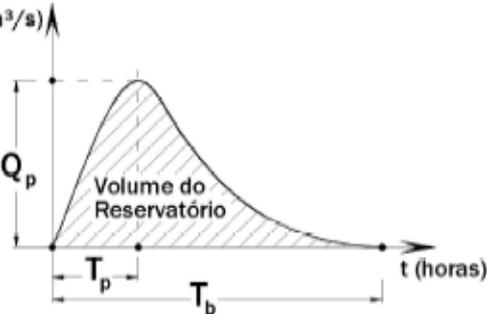
<b>País ou pesquisador</b>	<b>Tipo de barragem</b>	<b>Tempo de ruptura</b>	<b>Forma da ruptura</b>	<b>Profundidade da brecha</b>	<b>Largura da brecha</b>
Espanha (Espanha, 2001)	Arco	Instantânea, entre 5 e 10 minutos	Completa, admitindo geometria trapezoidal		
	Gravidade e contrafortes	Instantânea, entre 10 e 15 minutos	Retangular	Até o contato com o leito no pé	O maior entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1/3 do comp. da crista</li> <li>• 3 blocos</li> </ul>
	Terra e/ou enrocamento	$T(h)=4,8 \cdot V^{0,5}$ ( $hm^3$ )/h(m)	Trapezoidal	Até o contato com o leito no pé	$b(m)=20(V(hm^3) \cdot h(m))^{0,25}$
	Barragens mistas	Formular a ruptura de cada uma de suas partes, selecionando o modo e o tipo de ruptura que dê lugar à maior vazão de ponta no hidrograma de ruptura			
Estados Unidos DOE (1992)	Arco	0 a 6 minutos	Completa, igual à parede do vale	H (barr)	Largura total do vale
	Concreto Gravidade	6 a 30 minutos	Retangular	H (barr)	Múltiplos inteiros de larguras monilíticas
	Terra	0,5 a 4 horas (USACE) 0,1 a 2 horas (NWS)	Vertical a trapezoidal (1 : 1)	H (barr)	0,5 a 3 vezes a altura da barragem
Brasil (ELETROBRÁS, 2003)	Arco	Menor do que 0,1 horas	Declividade da lateral da brecha entre zero e a declividade do vale		Comprimento da crista
	Contraforte	Entre 0,1h e 0,3h	Declividade da lateral da brecha normalmente igual a zero		Múltiplos trechos
	Gravidade	Entre 0,1h e 0,3h	Declividade da lateral da brecha normalmente igual a zero		Um ou mais trechos (usualmente menor do que metade do comprimento da crista)
	Terra e enrocamento	Entre 0,1 e 1,0h (compactada) e entre 0,1h e 0,5h (não compactada)	Declividade da lateral da brecha entre 0,25 e 1		Entre 1 e 5 vezes a altura da barragem (normalmente entre 2 a 4 vezes)

**Tabela 4.9** - Fórmulas empíricas para cálculo da vazão de ruptura (BRASIL, 2005)

Autor	Vazão de Pico [m <sup>3</sup> /s]	Característica
Lou	$Q_{\max} = 7,683 H_d^{1,909}$	Fórmula baseada na análise de 19 diferentes casos de ruptura de natureza diversa
Saint-Venant	$Q_{\max} = \frac{8}{27} B \sqrt{g} Y_{\text{médio}}^{\frac{3}{2}}$	Fórmula desenvolvida por Saint-Venant para o caso de remoção instantânea e total do barramento
Schoklistch	$Q_{\max} = \frac{8}{27} \left( \frac{B_d}{B_b} \right)^{1/2} B_b \sqrt{g} Y_{\text{médio}}^{\frac{3}{2}}$	Fórmula considerando a situação em que a ruptura se dá em parte da crista de uma barragem
Bureau of Reclamation	$Q_{\max} = 19 H_d^{1,85}$	Fórmula baseada em dados coletados de vazões de pico históricas, e da profundidade da lâmina d'água no reservatório no momento da ruptura
Vertedor de Soleira Espessa SINGH	$Q_{\max} = 1,7 B_b H_b^{\frac{3}{2}}$	De acordo com Singh, o escoamento que passa pela brecha pode ser assumido como análogo ao escoamento que passa por um vertedor retangular de soleira espessa
Wetmore e Fread	$Q_{\max} = 1,7 B_b \left\{ \frac{1,94 \frac{A_s}{B_b}}{T_p + \left[ \frac{1,94 A_s}{(B_b \sqrt{H_d})} \right]} \right\}^3$	Fórmula considerando a formação de uma brecha retangular, desenvolvendo-se em um intervalo de tempo (t)
Costa	<p><b>Em função da altura:</b>            Curva superior  <math>Q_{\max} = 48 H_d^{1,63}</math>            Melhor ajuste  <math>Q_{\max} = 19 H_d^{1,85}</math></p> <p><b>Em função do volume</b>            Curva superior  <math>Q_{\max} = 4000 V^{0,57}</math>            Melhor ajuste  <math>Q_{\max} = 961 V^{0,68}</math></p> <p><b>Em função do volume e da altura</b>            Curva superior  <math>Q_{\max} = 1150 (H_d \times V)^{0,44}</math>            Melhor ajuste  <math>Q_{\max} = 325 (H_d \times V)^{0,42}</math></p>	Fórmula proposta pelo pesquisador, baseada em dados coletados de vazões de pico históricas, devido à ruptura e em função da profundidade da lâmina d'água presente no reservatório no momento da ruptura

sendo:  $Q_{\max}$ : Descarga máxima defluente da barragem em ruptura [m<sup>3</sup>/s];  $V$ : Volume do reservatório para o NA máximo [hm<sup>3</sup>];  $A_s$ : Área do reservatório para o NA máximo [m<sup>2</sup>];  $B_a$ : Largura da barragem [m];  $H_a$ : Altura da barragem [m];  $B_b$ : Largura final da brecha [m];  $H_b$ : Altura final da brecha [m]; e  $Y_{\text{médio}}$ : Profundidade média no reservatório no instante da ruptura [m];  $T_p$ : Tempo para desenvolvimento da brecha [s].

**Tabela 4.10** - Hidrogramas de ruptura (BRASIL, 2005)

Nome	Hidrograma
Hidrograma Triangular Simplificado	 $Q_{\max} = \frac{2V_r}{T_b}, \text{ para } T_p = 0$
	 $Q(t) = Q_{\max} - Q_{\max} \left( \frac{t - T_p}{T_b - T_p} \right), \text{ para } T_p \neq 0$
Hidrograma com Decaimento Parabólico	 $Q(t) = Q_{\max} \left[ \left( \frac{t}{T_p} \right) e^{\left( 1 - \frac{t}{T_p} \right)} \right]^k$

sendo:  $Q_p$  = descarga máxima defluente da barragem em ruptura [ $m^3/s$ ];  $V$  = volume do reservatório da barragem no momento da ruptura [ $m^3$ ];  $T_p$  = tempo de pico [s];  $T_b$  = tempo de base [s];  $K$  = fator de ponderação, varia entre 1,5 e 5,0.

#### 4.2.6.2 Condições iniciais de afluições

A associação de vazões afluentes ao reservatório ao hidrograma de ruptura é necessária quando se considera um cenário de ruptura em dia chuvoso. Podem ser usadas cheias naturais históricas, vazões médias de períodos chuvosos ou hidrogramas das cheias de projeto.

Segundo Viseu (2006), alguns autores consideram que as vazões afluentes ao reservatório de uma barragem em ruptura podem ser ignoradas, exceto quando se tratar de uma pequena barragem, se for considerado um cenário de ruptura por galgamento, ou quando o reservatório for atingido pela onda de ruptura de uma barragem a montante.

#### 4.2.6.3 Levantamento de dados

A caracterização do vale envolve o levantamento de dados topográficos e hidráulicos necessários aos modelos de propagação e vai desde o levantamento de dados qualitativos, como pontos peculiares que possam influir na forma e característica da cheia, até a obtenção de dados quantitativos, como perfis longitudinais e seções transversais do curso d'água, e delimitação de áreas rurais e urbanas.

É necessário levantar a curva cota-área-volume do reservatório, as seções topobatimétricas do trecho a jusante, as séries de vazões afluentes, os registros de cheias naturais e estudos de vazões extremas, os dados de configuração das margens (tipo de cobertura vegetal e uso do solo) e os dados de sedimentos.

Geralmente, a geometria do vale pode ser obtida a partir da topografia levantada para estudos preliminares para construção da barragem ou em cartografia oficial disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Podem ser utilizadas imagens aéreas e de satélites reconstituídas com apoio de campo, modelos digitais do terreno, dados obtidos por equipamentos a *laser* ou obtenção de perfis através de topografia clássica. As seções transversais dos pontos mais relevantes para o estudo da propagação da onda e avaliação dos danos potenciais são extraídas desses modelos.

Na Tabela 4.11 são mostradas algumas recomendações do Departamento de Minas e Recursos Naturais do Estado de Queensland (NRM), Austrália, para a escolha do espaçamento de seções transversais (NRM, 2002).

**Tabela 4.11** – Distâncias recomendadas entre seções e comprimento total do curso d'água principal a serem considerados para a propagação de onda de ruptura (NRM, 2002)

<b>Volume do reservatório (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Distância recomendada entre seções (km)</b>
20,0	$D > 1$
2,0	$0,5 < D < 1$
0,2	$D < 0,5$

Cunge *et al.*(1980) sugerem que as seções devem ser levantadas em intervalos regulares de 200 a 5.000 metros, observando-se a variação da geometria do curso d'água principal e a presença de irregularidades.

Com relação à escala dos mapas a serem utilizados para os levantamentos dos dados dos modelos de propagação, os limites máximos para o intervalo entre curvas de nível e o mínimo para a escala de mapas são, respectivamente, 1 m e 1:10.000. Entretanto, para grandes áreas, esse tipo de mapa raramente existe, sendo mais comuns os mapas com escala de 1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000, com curvas de nível espaçadas em intervalos de 5 m, 10 m e 20 m, respectivamente. Assim, levantamentos topográficos complementares são usualmente necessários, de forma a assegurar a qualidade da representação da geometria do curso d'água e seu vale no modelo (BRASIL, 2005).

As simulações apresentadas em Almeida *et al.* (2003) se basearam em mapas topográficos na escala 1:25.000. Espanha (2001) recomenda que se utilizem perfis transversais e longitudinais obtidos diretamente de cartografia existente, quando essa cumprir os requisitos mostrados na Tabela 4.12, em função da magnitude da profundidade de análise. Se a topografia existente não atende, é necessário obter os dados através de topografia clássica ou restituição direta a partir de fotografias aéreas na escala adequada (escala não inferior a seis vezes a especificada na tabela). Esse guia estabelece ainda que, em qualquer caso, obter-se-ão diretamente no campo, por topografia clássica ou restituição, aqueles perfis que correspondem a configurações morfológicas particulares do rio ou a infra-estruturas que possam adquirir papel de controle hidráulico.

**Tabela 4.12** – Eqüidistância máxima e escala associada desejadas para profundidades médias envolvidas na propagação (ESPANHA, 2001)

Profundidade de análise (m)	Eqüidistância máxima (m)	Escala associada
1	0,5	1:500
2	1,0	1:1.000
4	2,0	1:2.000
10	5,0	1:5.000
20	10,0	1:10.000 ou 1:25.000
40	20,0	1:50.000

Estudos realizados pela Cemig têm considerado uma distância entre seções de aproximadamente 10 km, acrescentando-se o levantamento de seções em locais como pontes, confluências e áreas urbanas. Além disso, podem-se utilizar modelos digitais de terrenos, obtidos de imagens aéreas restituídas a partir de trabalhos de campo. A vantagem deste último modelo é que a definição da quantidade de seções não envolve custos de levantamento, podendo-se adotar uma quantidade expressiva, o que contribui para o melhor detalhamento do trabalho.

Brasil (2005) apresenta critérios para a seleção e levantamento das seções e definições de coeficientes de rugosidade, mas pode-se dizer, resumidamente, que o importante é locar as seções em trechos retilíneos, sem alargamentos ou estreitamentos bruscos, próximo a singularidades e controles hidráulicos e em confluências de rios.

Ramos e Viseu (1999) propõem que a escala base de trabalho e de apresentação dos resultado seja de 1:25.000; em zonas urbanas, devem ser adotadas escalas maiores, como 1:5.000, e deve-se executar levantamento topográfico em áreas muito planas, especialmente para utilização de modelos 2D. Em Rubís (2006) foi utilizada uma restituição na escala 1:5000, com curvas de nível a cada 5 metros.

Outro ponto importante diz respeito à representação do leito do canal (a parte submersa). Existe uma dificuldade de se medir a real importância do levantamento batimétrico das seções para o caso de propagação de grandes vazões, como as de ruptura. Estudos realizados em

Portugal consideram a simplificação do fundo aproximando-o a uma seção trapezoidal ou triangular baseada em algumas poucas seções levantadas no campo (BALBI, 2007).

Estudos recentes, conduzidos pela CEMIG GT, de simulação de cheias de ruptura de grandes barragens utilizando o modelo unidimensional NWS FLDWAV indicam que os levantamentos batimétricos são mais importantes na definição da declividade do fundo do rio já que, aparentemente, esse parâmetro exerce maior influência nos resultados das propagações que a forma da seção do canal propriamente dita.

O limite de estudo a jusante ou fronteira a jusante diz respeito à definição da distância de simulação da onda de cheia ao longo do vale, o que varia para cada situação particular.

Almeida (2001) propõe os seguintes critérios:

- A foz do rio;
- A confluência com outro rio;
- Uma seção, em que as alturas de água da cheia simulada sejam da ordem de grandeza das correspondentes a cheias com um período de retorno definido ou da maior cheia natural conhecida;
- Uma seção a partir da qual se verifiquem alturas de água inferiores a um dado valor fixado (por exemplo, 1 metro); e
- Uma seção a partir da qual se estabeleça um grau de risco que se considere aceitável.

Na Espanha, se estabelece que os estudos se realizarão até onde os cálculos indiquem que já não existe perigo para as populações e pessoas situadas a jusante. Além das citadas anteriormente, existem outras situações que permitem demarcar o limite de estudo (ESPANHA, 2001):

- Alcançar uma vazão máxima inferior à capacidade do leito, sem produzir inundações significativas nem nas margens nem a jusante;
- Entrada em um reservatório capaz de receber a onda total de ruptura sem produzir vertimentos importantes a jusante, ou extravasamentos que possam produzir danos importantes a jusante. Neste último caso, sempre que a barragem que barre o dito reservatório necessite dispor de PEB; e
- Entrada em um reservatório em que se possa produzir o cenário de ruptura em cascata, e que necessite normativamente dispor de PEB.

Em NRM (2002) propõe-se que, para reservatórios com volumes superiores a  $0,2 \text{ hm}^3$ , a distância a ser feito o estudo de propagação deva ser maior que 5 km, para volumes maiores que  $2 \text{ hm}^3$ , 20 km, e para volumes maiores que  $20 \text{ hm}^3$ , igual 60 km.

A legislação francesa permite que seja utilizado um dos seguinte critérios (ALMEIDA *et al.*, 2003):

- A seção onde a cheia de ruptura é menos significativa que uma de Tempo de Retorno de 100 anos, ou mais recentemente, 10 anos;
- A seção onde a cheia é menos significativa que a maior cheia conhecida;
- A seção onde a cheia não constitui perigo para a vida humana; e
- A seção onde os níveis de água são menores que 1 metro, medida referente ao nível que não se espera alcançar em cheias normais.

O guia canadense define que a população que vive a mais de 3 horas de propagação da onda, está em uma zona considerada fora de risco. Na Finlândia, a legislação especifica que o cálculo da onda deve ser feito nos primeiros 50 km a jusante (ALMEIDA *et al.*, 2003).

Graham (1999) sugere que os estudos de simulação se concentrem nos primeiros 30 quilômetros a jusante da barragem analisada por considerar que a vulnerabilidade das pessoas em risco diminui muito a partir dessa distância. O autor considera que isso acontece, primeiro porque as áreas mais jusante são mais e melhor alertadas, segundo, porque a capacidade da onda de causar danos vai diminuindo.

Para barragens em cascata, é usual que o limite seja o início do reservatório de jusante, situação em que estudos de ruptura devem ser desenvolvidos para as duas. Quando a barragem de jusante não se encaixa nas regulamentações existentes, devido à sua pequena altura ou volume armazenado por exemplo, os estudos para a barragem de montante devem considerar todo o trecho, inclusive considerando a ruptura daquela. Um exemplo dessa metodologia pode ser encontrada no regulamento espanhol (ESPANHA, 2001).

#### 4.2.6.4 Modelos de propagação

Os modelos para simulação do escoamento podem ser divididos em cinco tipos, por ordem crescente de precisão:

- modelos simplificados;
- modelos hidrológicos (pouco comuns);
- modelos hidrodinâmicos 1-D (dos quais o mais conhecido é o modelo DAMBRK);
- modelos hidrodinâmicos 2-D; e
- modelos físicos 3-D.

Segundo Almeida (2001), a escolha do modelo deverá depender das características específicas de cada caso, incluindo a complexidade e ocupação do vale a jusante, a importância da barragem, a escala do levantamento topográfico de base e do mapeamento das áreas inundáveis, entre outras.

FERC (2007) recomenda a utilização de modelos que utilizam métodos de escoamento não-permanente e de propagação dinâmica, como o HEC-RAS, do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE – United States Army Corp of Engineers).

Estudos apresentados em Almeida *et al.* (2003) utilizaram os modelos DAMBRK unidimensional e BIPLAN bi-dimensional para propagação e validação através de um modelo físico. Enquanto o DAMBRK apresentou algumas dificuldades operacionais e erros ao tentar simular a ruptura instantânea da barragem, com variações abruptas de fluxo no vale a jusante, o modelo BIPLAN apresentou instabilidades devido às irregularidades topográficas, dificuldades com as condições de contorno de jusante e grande dependência da definição do modelo digital do terreno. O modelo físico validou os resultados do BIPLAN para simular níveis d'água e tempos de chegada da cheia devido à ruptura. Na comparação entre o modelo 1D e 2D, concluiu-se que o DAMBRK apresentou níveis d'água mais altos e os tempos de chegada das cheias foram maiores com o modelo BIPLAN.

Sobre esse mesmo estudo, para Viseu *et al.* (1999) “o fato de se obterem alturas de água menores com o modelo BIPLAN altera o mapeamento das zonas de inundação e conseqüentemente o domínio de intervenção dum Plano de Emergência, que constitui o objeto final do cálculo da onda de inundação. Por outro lado, o atraso significativo no instante de chegada desta onda, que é conferido pelos resultados do mesmo modelo, é favorável à

implementação de medidas de proteção da população no vale a jusante. A diferença de resultados obtidos não põe em risco, na generalidade, a validade de estudos com modelos unidimensionais, podendo salientar-se mesmo a vantagem de, na elaboração de um planejamento de emergência, fornecerem valores do lado da segurança. Obviamente que este fato de segurança adicional tem, como consequência, um aumento de custos econômicos tanto no planejamento de emergências como no ordenamento do território, impondo restrições mais severas. Esse aspecto aponta claramente para a continuação de um investimento nos modelos bidimensionais que, ao longo da próxima década, se tornarão, certamente, de utilização corrente, sobretudo pela facilidade de pré e pós processamentos conferidos pelos Sistemas de Informação Geográfica.”

O guia espanhol (ESPANHA, 2001) recomenda que se utilize para barragens categoria A (Risco Alto) modelos hidráulicos completos e dinâmicos que permitam analisar simultaneamente regimes sub e supercríticos, sendo preferíveis os modelos unidimensionais aos bidimensionais, já que aqueles proporcionam precisão suficiente contra a complexidade que necessitam.

São inúmeras as opções de modelos. Alguns dos mais conhecidos são listados no Anexo D com o custo estimado de aquisição.

Segundo Rubís (2006), o modelo mais utilizado para simulação de ruptura de barragens é o NWS DAMBRK, mas, atualmente, o HEC-RAS possui um módulo que permite a simulação de ruptura de barragens e funciona no Windows há bastante tempo gratuitamente. O USACE ainda disponibiliza uma aplicação chamada HEC-GeoRAS, para permitir ao HEC-RAS importar informações geométricas de softwares de SIG para simulação e retornar os resultados para a elaboração de mapas de inundação e de risco. Todas essas facilidades o tornam um programa muito atrativo.

Rubís (2006) apresenta as seguintes opções para a realização da simulação de ruptura de uma barragem:

- Modelos unidimensionais de regime variável se dividem em dois tipos: aqueles que resolvem as equações completas de Saint-Venant e os que as resolvem com alguma simplificação. Dentre os que resolvem as equações completas, podem ser citados: HEC-RAS (USACE) e MIKE 11 (DHI), SOBEK (Delf Hydraulics) e DAMBRK (NWS). São mais adequados a vales com alta declividade e sem planícies de inundação;

- Modelos quase-bidimensionais aplicam as equações de Saint-Venant unidimensionais no leito principal e a planície de inundação é representada através de um reservatório de armazenamento conectado ao leito. Aceitam casos com planícies de inundação, mas exigem mais experiência e habilidade para cada tipo de situação; e
- Modelos bidimensionais podem se dividir em Clássicos e de Alta Resolução. Embora os clássicos sejam bons para fluxos gradualmente variados, geralmente não servem para rapidamente variados. Os de alta resolução possuem modelos comerciais, geralmente caros, o que restringe a sua utilização de forma generalizada, sendo mais comuns em universidades e centros de pesquisa. Esse tipo de modelo exige topografia muito detalhada para que sejam atingidos bons resultados.

Em Zhou *et al.* (2005) é feita uma comparação entre o NWS FLDWAV e o HEC-RAS, e, dentre as principais conclusões, está a que o FLDWAV é mais estável e produz resultados consumindo menor tempo de processamento. O HEC tem a favor uma saída gráfica melhor e possui funções melhores de pré e pós processamento. Ambos produzem resultados de simulações semelhantes, com algumas limitações, e possuem capacidade para interagir com programas de SIG, embora, no FLDWAV, estas funcionalidades ainda estejam em fase de testes.

Segundo Rubís (2006) utilizaram o HEC-RAS, que atende às condições previstas nas normas espanholas vigentes, está no mesmo nível de cálculo do FLDWAV (NWS), está em ambiente Windows e possui a aplicação HEC-GeoRAS, que permite alimentar o modelo hidráulico com dados geométricos de um MDT e utilizar os resultados da simulação na geração dos mapas de inundação diretamente em GIS. O estudo citado fornece uma metodologia de utilização do software ArcView para geração dos mapas de inundação e de risco, passo a passo a partir do HEC-RAS.

O estudo apresentado em CEMIG/UFMG (2006), para a modelagem da propagação da ruptura da barragem de Rio de Pedras, seguiu metodologia elaborada no escopo de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento em parceria com a UFMG. Nesse estudo foram utilizados os modelos NWS FLDWAV (unidimensional), do National Weather Service (NWS) dos Estados Unidos, e o modelo FESWMS (bidimensional). Este último, restrito apenas à área urbana de um município atingido, se mostrou inviável pela quantidade de dados que devem ser gerados para sua utilização, devendo ser usado apenas para áreas pequenas.

## Saída do modelo

O resultado principal das simulações efetuadas é fornecer dados para o mapeamento das áreas potencialmente inundáveis no caso de uma ruptura. Para as próximas etapas de mapeamento é necessário que o modelo hidráulico adotado forneça os seguintes elementos por seção do curso d'água:

- Cotas máximas atingidas e respectivo tempo de ocorrência;
- Tempos de chegada da frente de onda;
- Velocidade da propagação, pelo menos por trecho da seção, planícies de inundação e canal principal; e
- Duração da inundação.

### **4.2.7 Treinamentos, atualização e revisão**

A implementação do PEB exige treinamentos e testes para assegurar a sua adequação antes de ser colocado em prática. Nesse momento, são acertados os detalhes e feitas as primeiras revisões.

Após implantado, o plano deve conter, entre seus apêndices, informações sobre treinamento periódico dos envolvidos, operadores e outros que possuam alguma responsabilidade. Os treinamentos contribuem para manter o estado de prontidão, uma vez que permitem uma maior familiarização dos envolvidos com os seus elementos e atribuições.

Os exercícios permitem identificar as fraquezas do plano, melhorá-lo e atualizá-lo. As agências dos Estados Unidos prevêm que os exercícios devem ser compostos de cinco tipos (FERC, 2007):

- **Seminários de orientação** - são os mais simples e envolvem participantes internos e externos para discutirem os procedimentos. Não envolve um teste real.
- **Exercícios regulares** - corresponde a um exercício mais leve, conduzido pelo proprietário da barragem, e, basicamente, são testados os procedimentos de notificação.
- **Exercícios preliminares** - são simulados em salas de treinamento, onde são aplicados os procedimentos descritos nos planos interno e externo.

- **Exercícios funcionais** - é um teste de nível superior, que não requer a ativação e mobilização total dos envolvidos internos e externos. É feito em sala de treinamento, com situações de tempo próximas ao real previsto. É feito para avaliar a capacidade e o tempo de resposta do proprietário e das autoridades de defesa civil para um evento em particular.
- **Exercícios completos** - compreende os exercícios de campo, simulando uma situação mais realista possível, e envolve a ativação total e mobilização dos centros de operação de emergências, pessoal e recursos disponíveis, inclusive dos procedimentos de evacuação.

Uma grande discussão é feita com relação à necessidade e aplicabilidade dos exercícios completos. A BCHydro do Canadá, por exemplo, acredita que o ônus do risco de ruptura de uma barragem é do proprietário e que essa preocupação não deve ser repassada ao público em geral. Os mapas de inundação são informações confidenciais, somente acessadas pelo proprietário e pelos agentes de resposta, até porque poderiam indicar possíveis estruturas alvo de terrorismo (FUSARO, 2004).

Os exercícios devem ser todos gravados e as falhas, registradas, para permitir a evolução do plano. Dentre os objetivos dos exercícios, USBR (1998) cita:

- Mostrar as fraquezas e falta de recursos do plano;
- Melhorar a coordenação das ações;
- Esclarecer as funções e responsabilidades;
- Ganhar reconhecimento público do plano de emergências;
- Motivar o envolvimento das autoridades responsáveis pela proteção da população;
- Aumentar a confiança dos envolvidos nas ações; e
- Desenvolver a capacidade de comunicação para a gestão das emergências em nível local e externo.

No Brasil, um exemplo de exercício de PAEs de locais potencialmente afetados por desastres tecnológicos é aquele referente a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, em Angra dos Reis – RJ. Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (2007), os planos de emergência da instalação, do município e do estado são testados anualmente através de exercícios simulados. Exercícios Gerais são realizados a cada dois anos, e os Exercícios Parciais ocorrem, no mínimo, a cada dois anos sob a coordenação do Órgão Central do SIPRON. O último Exercício Parcial do planejamento de emergência ocorreu no dia 10 de outubro de 2006, com

o propósito de avaliar e, se fosse o caso, aperfeiçoar esse planejamento, especificamente no que diz respeito à ativação e aos procedimentos dos Centros de Emergência.

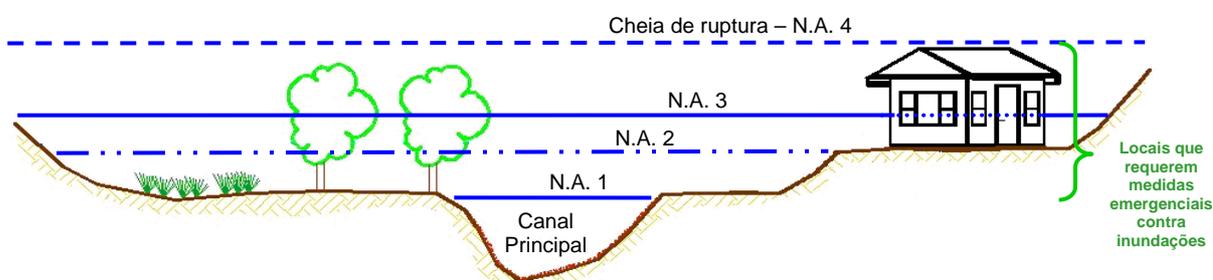
Foram exercitadas as tomadas de decisão referentes às ações previstas na Norma Geral para Instalação e Funcionamento dos Centros encarregados da Resposta a uma Situação de Emergência Nuclear, no Plano de Emergência Local (PEL) da ELETRONUCLEAR, no Plano para Situações de Emergência (PSE) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), no Plano de Emergência Externo do Governo do Estado do Rio de Janeiro (PEE/RJ), no Plano de Emergência Municipal (PEM) da Prefeitura Municipal de Angra dos Reis e nos Planos de Emergência Complementares (PEC) dos Órgãos de Apoio do SIPRON. Esses exercícios contam, muitas vezes, com a participação de observadores internacionais.

### 4.3 Revisão dos Planos Emergência Externos - PEE

Quando a cheia que está sendo propagada no trecho a jusante da barragem pode ameaçar as comunidades a jusante, a Defesa Civil deve ser notificada pelo responsável pela PAE da usina conforme procedimentos descritos nos respectivos Planos de Emergência de Barragens e Plano de Emergências Hidrológicas. O PEE é um plano com características especiais que se baseia no risco imposto pela barragem e deve prever, essencialmente, a atuação nas fases de alerta, alarme e de evacuação.

Para as demais ações envolvidas no atendimento a emergências, é desejável que o PEE esteja integrado e se articule com os demais planos relativos a riscos de outra natureza, em particular às cheias naturais, já constituídos. Todas as comunidades ou municípios devem contar com uma estrutura de Defesa Civil constituída e treinada, responsável pela elaboração e manutenção de planos de contingências para os possíveis desastres que possam ameaçá-las.

Com relação às enchentes que podem ameaçar o vale, a Figura 4.13 mostra os níveis d'água de interesse para o planejamento contra inundações pela Defesa Civil. O N.A. 1 representa o nível d'água do rio confinado no canal principal e não indica uma contingência. O N.A. 2 representa o nível d'água que rotineiramente inunda a planície principal do rio, a qual, muitas vezes, é tomada pela ocupação humana, seja com construções fixas ou áreas de lazer. O N.A. 3 corresponde ao nível das cheias naturais de maior porte, como as com grandes tempos de retorno, ou as Cheias Máximas Prováveis (CMP). Nesses casos, mesmo onde existe um bom plano de uso e ocupação do solo, áreas com construções permanentes podem ser atingidas. O N.A. 4 representa uma cheia de ruptura cuja grande profundidade atingida é apenas uma de suas características peculiares.



**Figura 4.13** – Níveis de água de interesse para o planejamento da Defesa Civil

Considerando a ocupação humana nas margens dos rios, as autoridades de defesa civil, os membros da comunidade e os responsáveis pelo monitoramento hidrometeorológico devem se articular com o objetivo de desenvolver sistemas de proteção contra inundações. Esses sistemas se referem à previsão de cheias, estudo do impacto e da vulnerabilidade das áreas potencialmente atingidas, aos planos de contingência com procedimentos de alerta e aviso, evacuação e demais necessidades que a população pode ter durante um desastre.

Nos planos ligados aos riscos focais, como os riscos impostos por barragens, os seguintes aspectos devem ser considerados com prioridade (BRASIL, 2007):

- Monitoramento, alerta e aviso;
- Definição da área de risco;
- Cadastramento da população;
- Realização de campanhas de esclarecimento público para a população-alvo;
- Realização de exercícios simulados; e
- Atualizações permanentes.

Esses itens devem ser cuidadosamente articulados com o Plano de Atendimento a Emergências da instalação, em especial com o Plano de Emergência da Barragem, e com os planos de contingências municipais. O mapeamento das áreas potencialmente inundáveis deve estar indicado no PEB e o monitoramento das áreas, com cadastramento de residências, campanhas de esclarecimento e treinamentos, são atividades a serem desenvolvidas de forma coordenada entre o proprietário da barragem e os agentes de Defesa Civil. Os demais componentes do PEE devem ser elaborados e conduzidos pelos próprios responsáveis pela defesa civil.

O proprietário da barragem tem a atribuição de monitorar suas estruturas e as vazões afluentes e defluentes. Seu Plano de Atendimento a Emergências, no caso hidrológicas e da barragem, deve prever a comunicação com a defesa civil quando ocorrer um evento que coloque em risco o vale a jusante. Essa atribuição do proprietário da barragem tende a facilitar os trabalhos das autoridades de defesa civil no que se refere à previsão de curto prazo de cheias. Com base nos dados hidrológicos fornecidos pela operação da barragem, a defesa civil pode iniciar as medidas emergenciais, considerando o tempo disponível para a chegada de uma eventual onda de cheia. A identificação das áreas potencialmente atingidas pela inundação é fornecida no PEB e materializada pelos mapas de inundação, devendo essa informação ser cedida às autoridades de defesa civil dos vales a jusante pelos responsáveis da barragem.

Essa divisão de atribuições na elaboração dos planos é coerente com a de outros países, como a Espanha, onde os Planos de Emergência de Barragens devem ser levados em consideração quando as administrações públicas elaborarem seus planos de proteção contra inundações em nível estatal e em nível de comunidade autônoma (ESPANHA, 1995). Em Portugal, o desenvolvimento de Planos de Atendimento a Emergências no município, ainda que induzidas por barragens, é de responsabilidade do Sistema de Proteção Civil, tendo em conta e incorporando os meios e recursos mobilizáveis que constam dos respectivos planos existentes em nível municipal, distrital e nacional (VISEU, 2006).

#### **4.3.1 Conteúdo dos Planos de Emergência Externos**

De forma a facilitar o trabalho das autoridades de defesa civil e padronizar procedimentos, alguns países propõem um conteúdo mínimo que PAEs devem apresentar. No Brasil, no estado de Minas Gerais, a CEDEC/MG apresenta em sua orientação para elaboração de planos de contingências para desastres, essencialmente naturais, uma proposta de formatação estruturada em seis itens, conforme abaixo (CEDEC/MG, 2007?):

- 1 - *Finalidade (Descrição da razão de ser do Plano de Contingências)*
- 2 - *Objetivo (expressa o que se deseja conseguir quando o desastre ocorrer)*
- 3 - *Diagnóstico (histórico dos desastres, descrição do problema, contexto no qual foi gerado, magnitude e características do provável desastre)*
- 4 - *Desenvolvimento*
  - *Área de atuação/Público-alvo*
  - *Monitoramento, Alerta e Alarme (sistema que possibilite o acompanhamento dos indicadores e parâmetros do problema)*
  - *Critérios e condições para acionamento (quando se iniciam as ações do plano)*
  - *Atribuições dos diversos setores;*
    - *Responsáveis pela coordenação, comando e controle;*
    - *Responsável pela comunicação social;*
    - *Responsável operacional pela execução (órgãos que participarão das ações)*
  - *Mobilização (recursos humanos, materiais, financeiros, instituições, etc.)*
  - *Apoio logístico (suprimento, manutenção, instalações/construções, saúde, segurança, comunicações)*
- 5 - *Considerações Gerais (treinamentos, avaliação, revisão e atualização do plano)*
- 6 - *Anexos*
  - *Matriz de ações e responsáveis (órgãos x atribuições x contatos)*
  - *Listas com nome, órgãos envolvidos, endereços, telefones para contato*
  - *Mapas*
  - *Localização dos recursos logísticos a serem empregados e responsáveis, com os devidos meios de contatos*
  - *Outros*

Espanha (1995) estabelece que o conteúdo mínimo para os Planos Estadais e das Comunidades Autônomas contra riscos de inundações é o seguinte:

#### **Plano Estatal**

- *Objeto e Âmbito*
- *Direção e coordenação*
- *Sistema de Predição e Vigilância Meteorológica*
- *Sistema de Previsão e Informação Hidrológica*
- *Planos de Coordenação e Apoio*
  - *Plano de reconhecimento de áreas atingidas e de salvamento com meios aéreos*
  - *Plano de abastecimento, abrigo e assistência social*
  - *Plano de ação para o restabelecimento de energia e combustíveis*
  - *Plano de reabilitação de emergência das infraestruturas de transportes*
  - *Plano de reabilitação de emergência das telecomunicações*
  - *Plano de apoio logístico*
- *Base nacional de dados sobre zonas inundáveis*
- *Base de dados sobre meios e recursos mobilizáveis*
- *Aprovação do Plano Estatal*

#### **Plano das Comunidades Autônomas**

- *Objeto e Âmbito*
- *Informação Territorial*
  - *Localização, Superfície, Relevo, Características geológicas e geomorfológicas, Rede hidrográfica, Regime hidrológico, Cobertura vegetal, Caracterização geral do clima, Atividades econômicas, Usos do território, Infra-estrutura hidráulica e atuações em caso de cheias.*
- *Análises das zonas de inundações potenciais ou afetada*
- *Direção e coordenação do Plano*
- *Grupos de ação*
- *Operação do Plano*
- *Sistemas e procedimentos de informação*
  - *Meios e procedimentos para o estabelecimento de um sistema de informação que permita alertar preventivamente à própria organização, as autoridades locais, empresas de serviço público essenciais e à população das áreas potencialmente afetadas*
- *Manutenção do plano*
  - *Testes e atualizações periódicas*
  - *Exercícios*
  - *Simulações*
  - *Informação à população*
  - *Sistemática e procedimentos de revisão do Plano*
- *Base de dados sobre meios e recursos*
- *Planos de ação de âmbito local*
- *Aprovação dos Planos*

Nos desastres provocados por barragens, as alternativas de ações de resposta, para proteção da população, são muito limitadas e a evacuação pode vir a ser a mais eficaz. Nesse sentido, um PEE deve estar preparado para garantir o estado de prontidão dos agentes da defesa civil, alertar e conduzir um eventual processo de evacuação das pessoas ameaçadas. Durante e após a emergência, os planos devem estar preparados para lidar com as vítimas e com as primeiras ações de reabilitação.

A Coordenadoria Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais – CEDEC/MG – orienta os planejadores de emergências que não existe um modelo único de estrutura para elaboração de

planos de contingências, devendo estes atenderem às necessidades específicas do local. Contudo, os planos devem responder às seguintes perguntas básicas (CEDEC/MG, 2007?):

- Para quê? (resolver o problema e/ou atender ao desastre);
- O quê? (ações, atividades);
- Quando? (em que condições, época do ano);
- Quem? (órgãos e nome dos técnicos);
- Como? (detalhamento dos procedimentos); e
- Onde? (área de atuação, público-alvo).

Apesar das inúmeras formatações possíveis, um plano de ações emergenciais pode ser dividido em três seções principais, seguindo uma estrutura semelhante à proposta por Viseu (2006):

Seção I – Situação do vale e vulnerabilidades - caracterização da região e dos riscos e vulnerabilidades correspondentes a cenários plausíveis de acidente.

Seção II – Plano de ação inclui a definição de ligações hierárquicas e funcionais dos principais intervenientes, fixando as respectivas missões para dar resposta a situações de emergência; indicação dos meios e recursos disponíveis; definição dos planos de aviso e de evacuação da população.

Seção III – Treinamentos, atualização, revisão e disseminação do plano - Procedimentos para melhoria, atualização e eficácia do plano de emergência, divulgação pública, treinamento dos agentes de defesa civil e da população para obtenção de respostas eficazes em caso de acidentes.

De forma simplificada, a Seção I responde às questões “Para quê?” e “Onde?”, enquanto a Seção II responde às demais.

Nos itens a seguir, serão apresentados alguns métodos para se compor as seções de um Plano de Emergência Externo para desastres induzidos por barragens.

#### **4.3.2 Avaliação situação do vale e vulnerabilidades (Onde?;Para quê?)**

O estudo da situação do vale, onde se pretende preparar um plano de emergência, permite caracterizar a ocupação do solo no vale a jusante da barragem, identificando recursos e

vulnerabilidades. Esse estudo permite definir as zonas que deverão ser priorizadas no desenvolvimento e implementação de planos de emergência, sistemas de aviso à população e a sua preparação tendo em vista as ações da defesa civil e auto salvamento.

Os agentes da defesa civil devem se informar da situação existente no município como, estrutura, organização, preparo da comunidade, treinamentos, ações anteriores e os problemas ou dificuldades que existem para lidar com emergências. Devem ser levantados todos os desastres e emergências que poderão acontecer, para os quais as comunidades e municípios deverão estar preparados.

O primeiro objetivo dos agentes responsáveis pela defesa civil é o de evitar que vidas sejam perdidas. O número de vítimas resultantes da ruptura de uma barragem depende basicamente de quatro fatores (GRAHAM, 1999):

- O número de pessoas que residem na área de risco;
- O perigo ou severidade da cheia (profundidade, velocidade, permanência);
- O tempo de aviso às populações em risco; e
- A capacidade das pessoas de reagir a um alerta de ruptura.

O PEE é um projeto de grande responsabilidade com relação à identificação de vulnerabilidades e a informação obtida no PEB deve ser complementada dos objetivos de salvar vidas. A defesa civil deve proceder a (VISEU, 2006):

- uma estimativa do número de indivíduos em risco;
- uma caracterização sócio-econômica da população e identificação (e contabilização do número) de indivíduos mais vulneráveis (por exemplo, idosos e deficientes);
- uma caracterização da ocupação do solo (calculando, em hectares, o valor da área de risco) e das atividades econômicas na zona de risco;
- uma estimativa do número de edificações fixas que se encontram no limite da área de inundação e que sofrem impacto da cheia induzida (com uma identificação das povoações e localidades)
- uma caracterização das edificações no que diz respeito à idade, ao número de pisos e ao material de construção e funções (se são de uso residencial, comercial, serviços públicos ou que cumprem alguma outra utilização especial);

- uma identificação das principais infra-estruturas como pontes, viadutos, diques e barragens, estradas, redes de água e esgoto, redes de distribuição de energia elétrica, redes de telecomunicações, aterros sanitários etc;
- uma identificação e contabilização dos pontos considerados como estratégicos ou mais vulneráveis no vale a jusante como: corpo de bombeiros, hospitais, centros de saúde, escolas, asilos, prisões, bibliotecas, áreas de lazer e esportes, centros culturais, teatros e cinemas, locais de culto religioso, cemitérios etc;
- uma caracterização sociológica e cultural da população, no que diz respeito à percepção do risco e à resposta a um aviso de acidente.

O conhecimento desses fatores permite classificar mais adequadamente a vulnerabilidade do vale. Por exemplo, as características sociais, como a idade e a capacidade de mobilidade da população, podem ser fatores que reduzem a vulnerabilidade de um determinado local, uma vez que pessoas jovens e sem deficiências têm maior facilidade de se auto-socorrerem. Características das edificações permitem tanto estimar parte dos prejuízos econômicos devido aos danos e ao esforço de reconstrução, quanto à capacidade de evacuação vertical das pessoas diante de uma inundação.

A qualidade dos serviços de saúde, a distância das pessoas aos centros urbanos e a densidade demográfica podem contribuir em maior ou em menor grau para a redução da vulnerabilidade dessas regiões e a expectativa de vítimas.

Numa primeira fase, a classificação de risco deve apenas ser relativa ao número de pessoas que residem na área exposta ao risco e aos valores estimados dos bens materiais e ambientais que sofrem o impacto da cheia induzida, não se devendo considerar determinadas características intrínsecas do vale, como as de ordem econômica, social etc (VISEU, 2006). A consideração dessas outras características pode minimizar a ameaça a pessoas e bens, gerando uma menor sensibilidade a esse risco.

Ainda segundo Viseu (2006), nessa primeira fase, não devem surgir na classificação do risco os funcionamentos dos sistemas de aviso e alerta, a eventual evacuação, ou o grau de preparação da população, que podem reduzir drasticamente o número de vítimas mortais. A vulnerabilidade efetiva resultante deve considerar essas condições potencialmente vantajosas numa segunda fase, após a implantação das medidas de mitigação.

Alguns autores, como Graham (1999), Almeida (1999) e Alexander (2002), propõem índices para analisar o risco potencial que uma ruptura oferece às pessoas, à economia e ao meio ambiente e para caracterizar a vulnerabilidade do vale a jusante. Esses índices, associados ao mapeamento das áreas potencialmente inundáveis, permitem aos agentes de resposta planejar melhor as ações necessárias para diminuição dos prejuízos.

As primeiras fontes de informação para a elaboração do PEE são os estudos de inundação induzida pela barragem e o PEB desenvolvidos pelo proprietário da mesma. Segundo Viseu (2006), a caracterização da ocupação do solo, necessária ao PEE, deve ser estabelecida em fontes de informação topográficas nas escalas 1:25.000, 1:10.000 e em plantas de organização do território dos planos diretores municipais dos municípios que se encontram dentro da área de inundação. Nessa caracterização, deverão ser ouvidos os operadores das barragens, que têm, muitas vezes, um conhecimento empírico das áreas que são ameaçadas pelas descargas das barragens que operam.

No Brasil, outro instrumento fundamental para essa caracterização do vale são os dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), através dos censos gerais da população. A identificação mais detalhada da população potencialmente atingida pode obrigar, ainda, a realização de um trabalho de campo, com pesquisas direcionadas, para obter determinado tipo de informação mais atualizada.

#### 4.3.2.1 Mapeamento de riscos

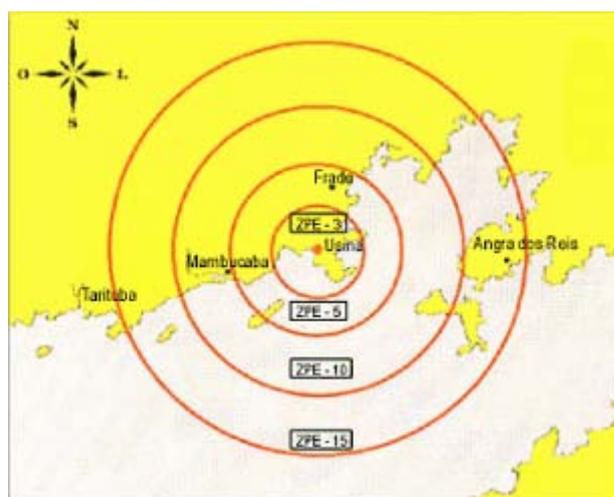
A defesa civil de qualquer município deveria ter à sua disposição mapas representativos de todos os riscos que ameaçam a população: seca, doenças, inundações, terremotos, incêndios, contaminação química ou radioativa, explosões etc. No caso dos riscos tecnológicos, é natural que as entidades que provocam esse risco preparem seus respectivos mapas de ameaças.

A representação cartográfica dessas grandezas facilita o entendimento, a previsão, a prevenção e gestão dos desastres e são úteis em todas as fases envolvidas em um desastre. Durante as fases de prevenção e preparação, a representação cartográfica auxilia na indicação das zonas mais vulneráveis, orientando no planejamento das medidas a serem tomadas.

Durante a fase de resposta, os mapas são fundamentais, visto que o fato de sintetizar inúmeras informações em um único plano, agiliza as tomadas de decisões. Os mapas devem dar uma boa idéia da área atingida, indicando os locais críticos que requerem maiores esforços e os tempos disponíveis para as ações de resposta.

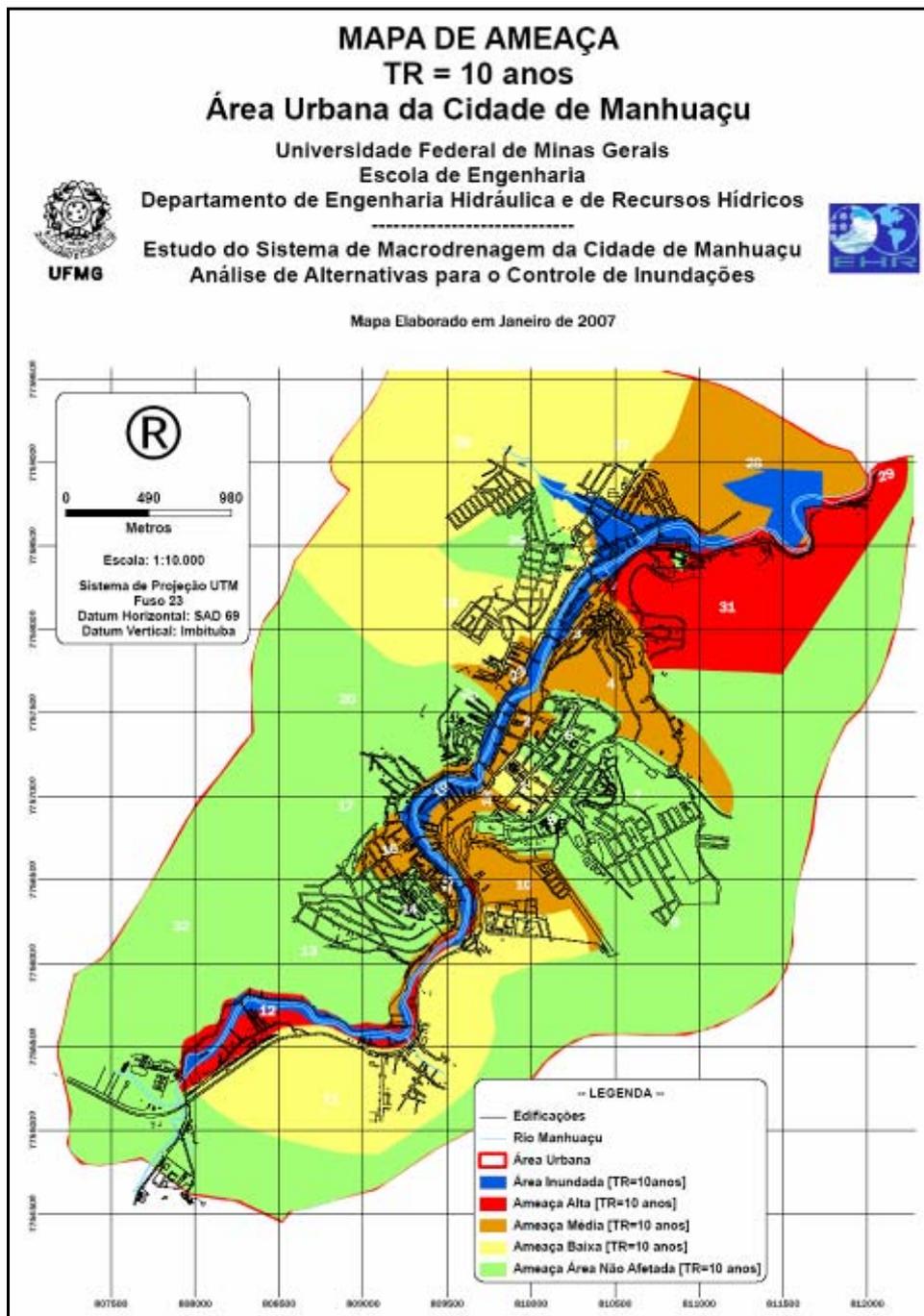
O uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite trabalhar com grande número de informações sobre a mesma base cartográfica. Mapas temáticos são úteis para mostrar a distribuição dos diferentes tipos de desastres que podem ameaçar a área em estudo e como afetam a infra-estrutura, as ocupações humanas e o meio ambiente. Alexander (2002) apresenta metodologia de utilização de cartografia, SIG e Sensoriamento Remoto para planejamento e gerenciamento de emergências provenientes de múltiplas ameaças.

As figuras 4.14, 4.15 e 4.16 mostram alguns exemplos do uso de mapas para a representação de ameaças em locais habitados. A Figura 4.14 representa o mapa do município de Angra dos Reis, demonstrando a divisão em zonas circulares de planejamento de emergência centradas no edifício do reator da Central Nuclear Álvaro Alberto. A Figura 4.15 mostra o mapa de ameaças para inundações naturais com período de retorno de 10 anos no município de Manhuaçu, estado de Minas Gerais. A Figura 4.16 mostra o mapa das zonas sob risco de deslizamentos de terra na área urbana de Ipatinga, Minas Gerais, onde a suscetibilidade de escorregamento é classificada de muito fraca (1) a muito forte (5).



**Figura 4.14** – Zoneamento de emergência para ameaça nuclear no município de Angra dos Reis, RJ ([www.eletronuclear.gov.br](http://www.eletronuclear.gov.br))

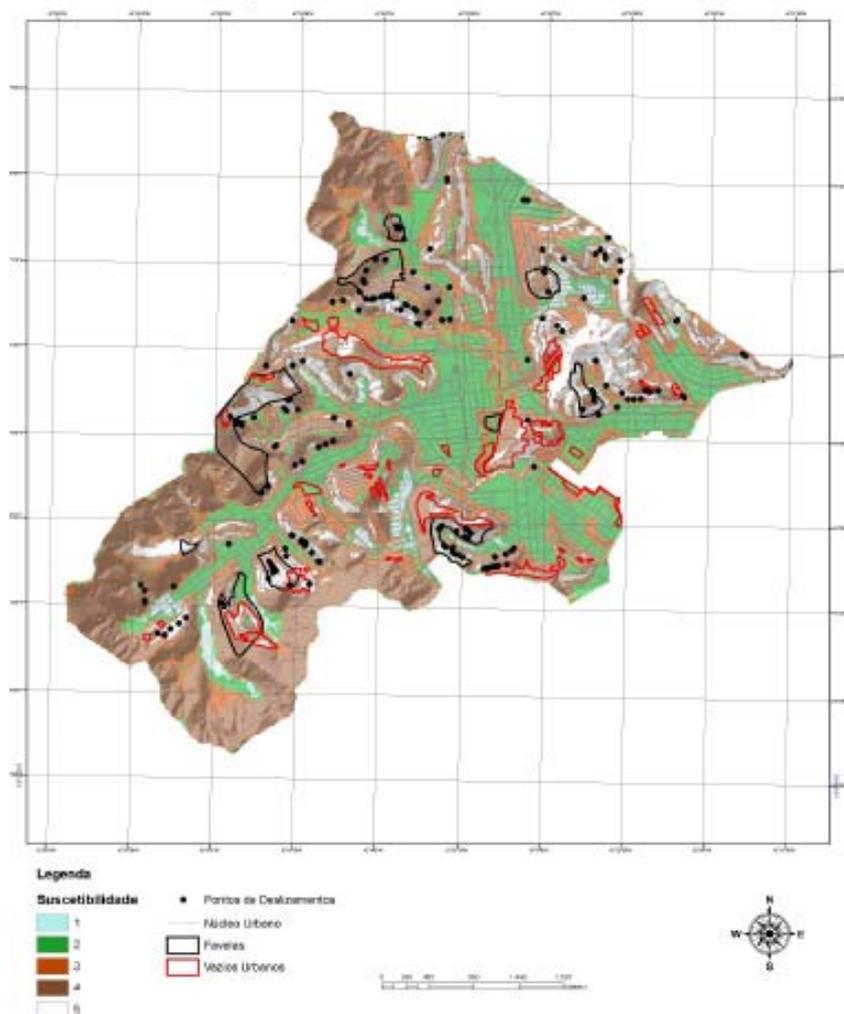
Os mapas devem conter informações que possibilitem uma rápida compreensão dos efeitos hidrodinâmicos da cheia induzida às áreas potencialmente atingidas como: profundidades, velocidades, tempos de chegada e de permanência.



**Figura 4.15** – Mapa de ameaça e áreas potencialmente inundáveis no município de Manhuaçu, MG (CANÇADO *et al.*, 2007)

Esses mapas, associados aos dados fornecidos nos Planos de Atendimento a Emergências da entidade causadora do risco tecnológico, devem subsidiar as autoridades na elaboração de seus próprios planos de emergência e mapas de risco. Porém, a Defesa Civil deve ir além e complementar as informações dentro do PEE com a estimativa da população em risco e identificação das zonas que sofrem o impacto da cheia e das vias que ficam inacessíveis.

Os dados obtidos devem ser constantemente atualizados e consistidos de forma a serem o mais confiáveis possível. Os modelos computacionais disponíveis nos SIG mostram os resultados de análises solicitadas em função da demanda dos gestores das ações de defesa civil. Esses podem manipular os dados seguindo os critérios que julgarem mais interessantes como, por exemplo, verificar todos os hospitais que podem atender às vítimas de uma determinada área inundada ou quais são as melhores rotas para os pontos de encontro de desabrigados.



**Figura 4.16** - Mapa de risco a deslizamento no município de Ipatinga, MG (PEREIRA *et al.*, 2007)

A implantação de tecnologias de SIG exige investimentos consideráveis em programas computacionais, equipamentos (computadores, impressoras e *plotter*) e treinamentos, devendo ser cuidadosamente avaliada. Essa tecnologia possui ferramentas muito poderosas e a sua utilização pode ser expandida para outros departamentos do governo, como os de saúde, educação, desenvolvimento urbano etc.

Devem ser avaliados os prós e os contras de sua utilização, mas é fato que estações de trabalho dotadas de programas de geoprocessamento permitem grande flexibilidade na gestão de informações antes e durante os desastres. As vantagens dos métodos computacionais incluem (ALEXANDER, 2002):

- A habilidade de lidar e sintetizar um grande número de planilhas de dados num tempo muito reduzido;
- A habilidade para atualizar dados armazenados rápida e eficientemente;
- Facilidade e flexibilidade de exibição e impressão; e
- Portabilidade, uma vez que grande volume de dados e programas complexos podem ser facilmente transportados de um lugar a outro.

Os avanços das tecnologias de geoprocessamento têm produzido programas de utilização cada vez mais amigável e facilidade de operação para pessoas com pouco conhecimento computacional. A integração com equipamentos de posicionamento global, como os GPSs, com bases de dados acessadas via Internet, e com sistemas especialistas de auxílio à tomada de decisão faz com que o uso de métodos computacionais de geoprocessamento cresça a cada dia na gestão de emergências.

#### 4.3.2.2 Estimativa de perdas

As perdas ocasionadas pela ruptura de uma barragem vão além das vidas humanas. Os prejuízos podem ainda ser econômicos e ambientais. Quando se parte para uma avaliação mais detalhada e busca-se mensurar financeiramente os danos decorrentes de um desastre como a inundação, passa-se para uma fase de estimativa de perdas.

Alexander (2002) destaca que a estimativa de perdas dentro de um planejamento de emergências pode gerar alarme o suficiente para convencer políticos, administradores e o público em geral para garantir o apoio à formulação do PAE.

Os danos podem ser classificados em tangíveis ou intangíveis e em diretos ou indiretos, como mostrado na Tabela 4.13.

**Tabela 4.13** – Tipologia dos danos (FLOODSITE, 2007)

		Medida	
		Tangíveis	Intangíveis
Forma dos danos	Diretos	- Edificações - Infraestrutura	- Perda de vidas - Saúde e Segurança Pública - Danos ambientais
	Indiretos	- Perda de produção industrial - Interrupção do tráfego - Custos de emergência	- Inconveniência da recuperação pós enchente - Acréscimo de vulnerabilidade dos sobreviventes

A estimativa de perdas é, em geral, exaustiva e não é fácil chegar a uma estimativa real do que será perdido em uma catástrofe. Outra limitação é a enorme dificuldade de se “colocar preço” nos mais variados tipos de danos, como é o caso da vida humana, por exemplo. Estudos realizados nos Estados Unidos na década de 1990 avaliaram em US\$ 2.200.000 o valor para vítimas com ferimentos que acarretassem em morte ou para morte instantânea decorrente de desastres (ALEXANDER, 2002). Esse valor foi baseado na capacidade produtiva média e na idade média de uma pessoa, podendo variar em função de fatores sociais, sexo e idade.

Para uma avaliação mais detalhada e completa, convém buscar bibliografia especializada ou documentos ligados à segurança de barragens que se propõem a discutir esse assunto, como Defra (2006), ANCOLD (2003), Alexander (2002) e FLOODSITE (2007).

#### 4.3.2.3 Classificação de danos no Brasil segundo o SINDEC

A avaliação de danos é aquela realizada durante ou após um desastre e pode ser feita pela mesma equipe que executa os trabalhos relacionados à estimativa de riscos e vulnerabilidade.

Deve-se considerar, para avaliação, os seguintes tipos de danos:

- À vida: nº de mortos, desaparecidos, desabrigados, afetados;
- À incolumidade, saúde e sobrevivência da população;
- Materiais:
  - À cidade e à área rural (infra-estrutura e edificações, casas, prédios públicos etc)
  - Aos serviços essenciais (eletricidade, água, sistema viário, transporte etc)
- Aos setores produtivos: indústria, comércio, pecuária e agricultura.

- Ao estado geral da população (serviços essenciais).

No Brasil, a Secretaria Nacional de Defesa Civil classifica os danos em humanos, materiais, econômicos e sociais, conforme apresentado a seguir.

### Classificação de danos humanos

A intensidade dos desastres é medida em função da importância e da severidade dos danos humanos, materiais e ambientais e dos consequentes prejuízos econômicos e sociais. Segundo Castro (1999b), os danos humanos são dimensionados em função do número de mortos, feridos, enfermos, desaparecidos, desalojados, desabrigados e deslocados. A longo prazo, pode-se dimensionar o número de pessoas incapacitadas temporariamente e definitivamente. O número de pessoas afetadas é menor que a soma dos danos, já que cada uma pode sofrer mais de um dano. A quantidade de mortos é importante para definir a severidade do desastre e a demanda de equipes de sepultamento.

O número de feridos graves determina a demanda de recursos humanos, institucionais e materiais necessários ao restabelecimento da situação de normalidade. A situação será mais ou menos crítica em função do número de emergências médico-cirúrgicas e da condição de urgência relacionada com os prazos biológicos que, quando ultrapassados, reduzem as condições de reversão dos quadros clínicos e de viabilidade dos pacientes. O atendimento de um grande número de feridos graves, em circunstâncias de desastres, não pode ser improvisado e depende da existência de instalações pré-planejadas e de recursos institucionais, humanos e materiais, responsáveis pelo atendimento pré-hospitalar (APH) e pelo correto funcionamento das Unidades de Emergência, no dia-a-dia.

Os feridos leves podem ser atendidos em ambulatórios e requerem cuidados médicos mínimos. Castro (1999b) recomenda que se reforce o nível de imunidade contra o tétano.

Durante os desastres, os enfermos precisam de cuidados médicos e assistência médica primária. No Brasil, inundações costumam ser acompanhadas por surtos de infecções respiratórias agudas (IRA), de gastroenterites e surtos de leptospirose (CASTRO, 1999b).

Um número elevado de pessoas desaparecidas é um critério altamente importante para definir a severidade de um desastre e a demanda de equipes especializadas em busca e salvamento, remoção de escombros e resgate de feridos.

A estimativa de desabrigados é importante para definir a demanda de instalações e de recursos humanos, institucionais e materiais necessários para assistir à população afetada. Pessoas que perderam seus lares e possuem outros locais para ficar são consideradas “deslocadas”.

#### Classificação de danos materiais

A avaliação de danos é usualmente feita a partir de bens imóveis e instalações. Uma avaliação diferente da estabelecida dificulta a comparação e a hierarquização dos desastres, em nível internacional (CASTRO, 1999b).

Os danos materiais enquadram-se em duas categorias gerais: bens danificados ou bens destruídos. Essa avaliação define o número de unidades danificadas e destruídas e permite estimar o volume de recursos financeiros necessários para a recuperação.

Os danos materiais são divididos em duas categorias de prioridade. Instalações públicas de saúde, habitações de baixa renda, instalações públicas de ensino, obras de infra-estrutura pública, instalações públicas de serviços essenciais e instalações comunitárias são consideradas de primeira prioridade. São consideradas de segunda prioridade as instalações particulares de ensino, de saúde, as instalações rurais, industriais, comerciais e de prestação de serviços.

A menor prioridade estabelecida para os danos que incidem sobre a propriedade privada e especialmente sobre os bens das classes mais favorecidas relaciona-se com o reconhecimento (Castro, 1999b):

- da grande capacidade de recuperação da iniciativa privada;
- de que normalmente esses bens são protegidos por seguros contra sinistros;
- da grande capacidade de mobilização da sociedade;
- da grande participação das comunidades em atividades de mutirão; e
- da tendência de que os danos sejam superestimados, quando as avaliações são realizadas sob pressão.

#### Prejuízos econômicos

Os prejuízos econômicos são classificados em função do PIB dos municípios atingidos (CASTRO, 1999b). Quando representam até 5%, são considerados pouco significativos; entre

5 e 10%, são significativos; são vultuosos, quando variam entre 10 e 30%; e muito vultuosos, quando ultrapassam de 30%.

### Prejuízos sociais

Os prejuízos sociais são caracterizados em função da queda do nível de bem-estar da comunidade afetada e do incremento de riscos à saúde e à incolumidade da população. Podem ser classificados em duas prioridades. A **prioridade I** relaciona-se com o mau funcionamento dos seguintes serviços (CASTRO, 1999b):

- assistência médica primária e assistência médico-hospitalar;
- atendimento às emergências médico-cirúrgicas, inclusive atendimento pré-hospitalar - APH;
- abastecimento de água potável;
- esgotamento sanitário;
- limpeza urbana, recolhimento e destinação do lixo;
- controle de hospedeiros, pragas e vetores; e
- vigilância sanitária.

São considerados como **prioridade II** os prejuízos sociais relacionados com o mau funcionamento dos seguintes serviços:

- geração e distribuição de energia;
- transporte público;
- comunicações; e
- distribuição de combustíveis, especialmente de uso doméstico.

Os prejuízos sociais são mensurados, em termos quantitativos, em função dos recursos financeiros estimados, com o objetivo de permitir o restabelecimento e o pleno funcionamento dos serviços essenciais.

### 4.3.3 Procedimentos de Ações Emergenciais

A parte dos procedimentos de ações emergenciais é o núcleo de um PAE tradicional e o PEE deve enfatizar os alertas e alarmes necessários e atuar na evacuação da população, quando a defesa civil é notificada de um evento ameaçador proveniente da barragem. Os procedimentos descritos no plano visam a, justamente, auxiliar no processo de tomada de decisões numa tentativa de agilizar a resposta propriamente dita, devendo-se sempre contar com a experiência dos envolvidos na gestão da emergência.

A evacuação é um dos meios mais efetivos de redução no que se refere à proteção das vidas das pessoas localizadas nas áreas potencialmente ameaçadas a jusante de uma barragem. Esse procedimento se torna ainda mais importante na iminência de um desastre, principalmente quando ele não pôde ser previsto com muita antecedência.

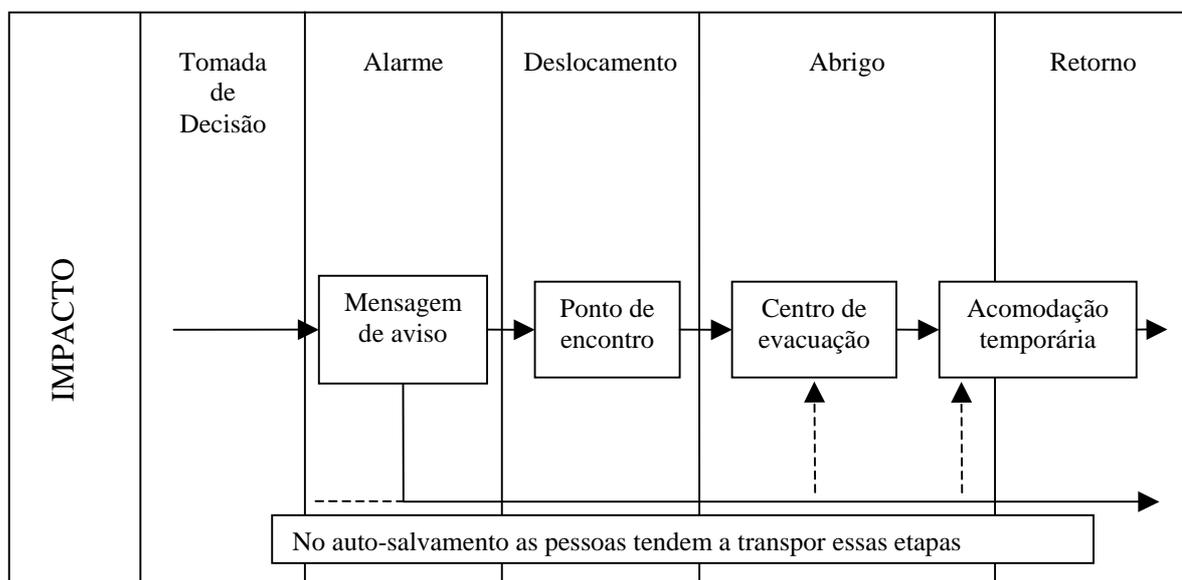
Segundo o *Emergency Management Australia* (EMA, 1999b), o processo de evacuação pode se dividir em cinco fases:

- Tomada de decisão;
- Alarme;
- Deslocamento;
- Abrigo; e
- Retorno.

A Figura 4.17 mostra esquematicamente o processo de evacuação, no qual a primeira fase consiste na tomada da decisão de evacuar as áreas de risco, cuja responsabilidade é do responsável pelo plano, que se apóia em condições de acionamento (“quando?”) pré-planejadas. No plano, são ainda definidas as ações a serem tomadas, os procedimentos a serem seguidos de alerta, alarme e evacuação (“o quê?” e “como?”) e a definição dos envolvidos, suas responsabilidades e atribuições (“quem?”). A etapa de deslocamento é a evacuação em si, que é definida pela retirada organizada das pessoas das áreas ameaçadas para locais seguros.

Essas três primeiras fases devem estar contempladas no PEE, uma vez que lidam com um fator de risco especial e tecnológico materializado pela barragem. As etapas de abrigo e retorno envolvem a gestão de diversos fatores, como cuidados médicos e veterinários, resgate, informação e segurança pública, serviços essenciais (água e energia, por exemplo), manejo de

mortos etc. Esses aspectos devem estar preparados dentro dos planos de contingências para desastres gerais desenvolvidos pela defesa civil municipal num âmbito mais amplo. Essas ações devem ser agrupadas por área de atuação e detalhadas em procedimentos específicos, sendo complementares aos procedimentos planejados no âmbito do PEE, e serão vistas adiante.



**Figura 4.17 – Processo de evacuação (EMA, 1999b)**

#### 4.3.3.1 Tomada de decisões - condições e níveis de resposta (o quê? e quando?)

Os níveis de resposta para emergências hidrológicas podem ser compostos por várias fases de mobilização. Processos mais complexos apresentados por modelos dos Estados Unidos, USBR (1995), para emergências envolvendo barragens, e Alexander (2002), para desastres basicamente naturais, pode-se classificar os níveis de resposta como sintetizado na Tabela 4.14.

Quando se tratar de um incidente envolvendo a segurança estrutural da barragem, os processos de mobilização devem ser mais simples. Se o impacto não pode ser previsto, na melhor das hipóteses apenas detectado, como é a ruptura instantânea de uma barragem de concreto, por exemplo, considera-se que existe apenas um estágio, onde a detecção do evento leva a uma mobilização geral dos esforços externos de resposta.

Rocha (2002) considera ainda que, se a ruptura não tiver ocorrido e houver tempo suficiente, a decisão de disparar o alarme deve ser tomada em conjunto entre o responsável pelo PEB e o responsável pelo PEE.

**Tabela 4.14 - Níveis de emergência para as ações de resposta da Defesa Civil**

Nível de resposta	Terminologias adotadas		Situação	Ações da Defesa Civil
	USBR	ALEXANDER		
0	Alerta interno na operação da barragem	Branco ou verde	Detectou-se alguma anomalia na barragem, mas pretende-se atuar internamente.	Situação normal para a Defesa Civil, sem eventos esperados num futuro próximo. Planejamento e ações de mitigação de longo prazo. Campanhas para aumentar a consciência pública; treinamentos e testes dos planos.
1	“prepare-se” ( <i>get ready!</i> )	Amarelo – Estágio 1 de observação da ameaça	Algo aconteceu à barragem, mas não existe uma emergência ainda. As precipitações previstas podem conduzir a um evento extremo.	Iniciam-se os procedimentos de comunicação e notificação dos serviços de emergência de plantão (sistemas de alerta). São criados canais de comunicação prioritários e verifica-se o funcionamento dos equipamentos e do PAE (sobrevisto). Os agentes de campo não são acionados.
2	“esteja pronto” ( <i>get set!!</i> )	Laranja – Estágio 2 de observação da ameaça	As condições são mais sérias, mas a ruptura não ocorreu nem é iminente ainda. Um evento extremo natural é esperado num curto período de tempo (semanas).	Acionamento dos sistemas de aviso. Os agentes de resposta são informados e colocados de prontidão. As populações ameaçadas são informadas da situação e eventualmente notificadas para ficarem preparadas para deixar as áreas de risco.
3	“fuja” ( <i>go!!!</i> )	Vermelho - Alerta de ameaça	Situação extremamente séria, a população nas áreas de risco está em perigo iminente. Um evento com maior poder destrutivo pode ocorrer em curtíssimo espaço de tempo (dias).	Evacuação geral da população ameaçada. Monitoramento cuidadoso das ações públicas para assegurar que não sejam impróprias. Término das ações pré-impacto. Todos os serviços de emergência devem estar de prontidão para entrar em ação. Interdição das principais áreas de risco.
4	“rompeu” ( <i>gone!!!!</i> )	Púrpura - Emergência	A barragem rompeu, a cheia de ruptura ou uma cheia extrema está se propagando.	Todas as pessoas, inclusive os agentes de resposta, devem deixar as áreas de risco e o processo de evacuação deve ser encerrado. Inicia-se o gerenciamento das pessoas evacuadas. Equipes de emergência devem se preparar para entrar nas áreas atingidas.

Na prática, quando for notificada uma emergência, deve-se ativar um centro de operações de emergência da defesa civil (COEDC), onde se reúnem representantes de todos os órgãos de defesa civil, responsáveis pelas equipes de resposta e representantes da operação da barragem, fisicamente, quando possível, ou por telefone. Uma vez constituído esse centro de operações, as decisões serão tomadas para tentar responder adequadamente ao desastre que pode atingir o local.

#### 4.3.3.2 Centro de operações de emergência da Defesa Civil

Uma das primeiras ações a serem tomadas na fase de alerta é a ativação do COEDC. Esse centro de operações deve ser bem organizado para agir como estrutura de comando e de comunicações. Ele é o foco das tomadas de decisões e de onde devem partir todas as ordens para as ações de resposta.

Em alguns casos é necessário separar os COEDC seguindo a estrutura do sistema de defesa civil em municípios, regiões, estados etc. Essa situação ocorre principalmente quando o desastre abrange o território de vários municípios, como é o caso de uma inundação por ruptura de barragens.

Os principais critérios para definição da localização do COEDC são (EMA, 1999b):

- Estar em uma área livre de inundações;
- Estar próximo de terminais aéreos ou heliportos, quando possível;
- Ter pelo menos um acesso livre de inundações; e
- Ser bem atendido em termos de telecomunicações.

É interessante que o centro esteja suprido com telefone, fax, internet e rádio-transmissores, e que haja redundância nos meios de comunicação para que não fique dependente de apenas um.

O uso de computadores tem aumentado, juntamente com a utilização de equipamentos de projeção de mapas e informações georreferenciadas. Televisores e rádios são importantes já que, segundo Alexander (2002), frequentemente a população é gerenciada com base em notícias divulgadas pela imprensa, e será necessário monitorar as notícias e a reação das pessoas.

COEDCs mais completos podem contar com produtos para alimentação, água, camas, ferramentas e sistemas auxiliares de energia. Esses recursos são úteis para garantir a autonomia do centro por mais tempo.

#### 4.3.3.3 Procedimentos de alerta e alarme no vale a jusante

Os procedimentos de alerta e de alarme especificam as ações necessárias para ativar os sistemas de alerta e de aviso no vale a jusante, após a notificação recebida do responsável pelos planos de emergência da usina.

O **alerta**, segundo CEDEC/MG (2007?), é “um sinal para avisar sobre um perigo ou risco previsível a curto prazo”. É composto por um conjunto de procedimentos que visa garantir que os agentes de resposta se preparem, permanecendo de prontidão até o momento de agir, a ser definido pelo responsável pelo plano em função da evolução da emergência.

O PEE deve especificar os nomes dos envolvidos nas ações de resposta que serão colocados em prontidão no caso de uma emergência. Devem figurar os nomes dos responsáveis pelo plano de emergência do vale a jusante, dos agentes responsáveis pelas ações de resposta por área de atuação, os seus telefones e as formas de comunicações alternativas (telefones de vizinhos, por exemplo).

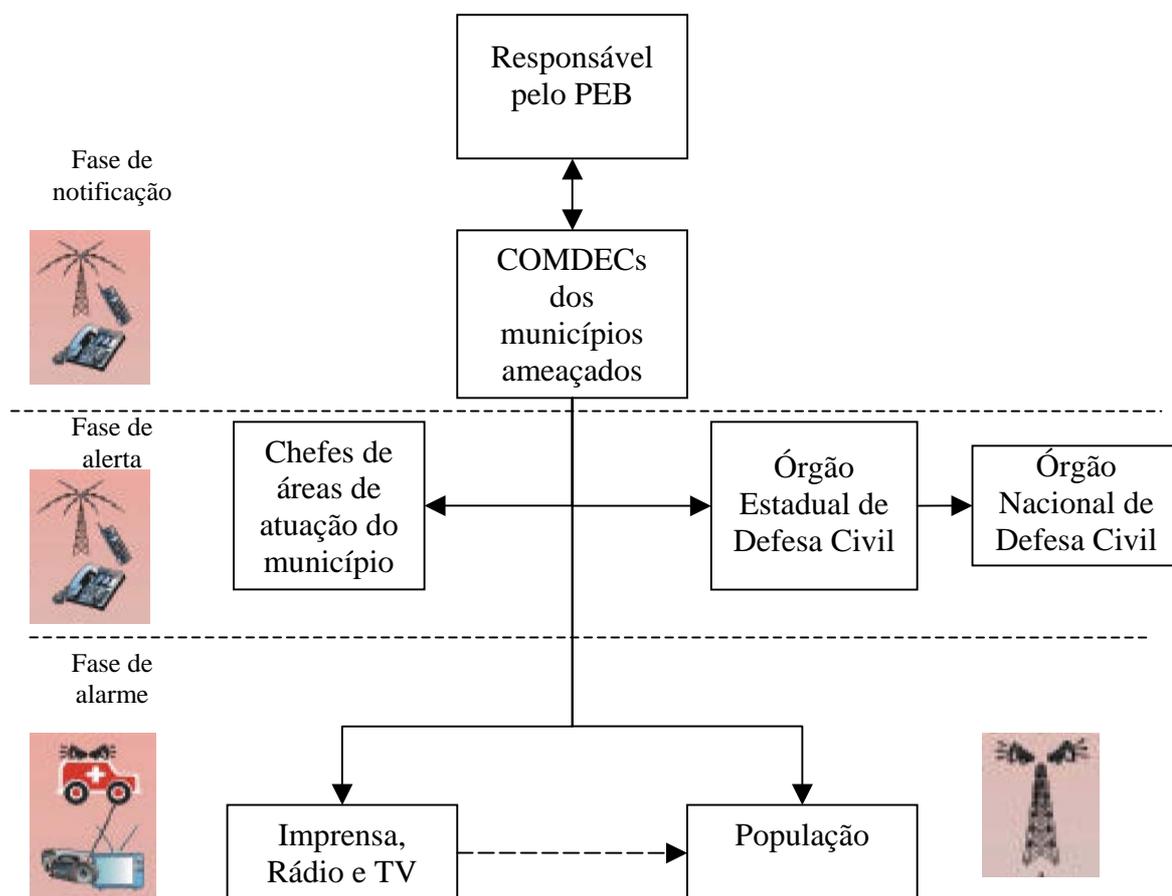
Deve-se designar a pessoa que ficará responsável por emitir os alertas e quais os meios de comunicação. Os responsáveis por receber as mensagens enviadas pela operação da barragem devem ser capazes de interpretá-las e repassá-las adequadamente. Na Figura 4.18 é mostrado um esquema de fluxo de informação entre os envolvidos nas diversas fases de comunicação de uma emergência.

O **alarme** é “um sinal de alarme para avisar sobre um perigo ou risco iminente” (CEDEC/MG, 2007?). A comunicação às populações ao longo do vale deve ser desencadeada pela COMDEC e, nos casos em que a legislação estabelecer, pelos responsáveis pelo PEB.

O objetivo do aviso é reduzir o número de vítimas mortais e os prejuízos materiais, dando à população a oportunidade de agir antes de a água atingir um nível limite de segurança. Um fator fundamental para que o aviso seja eficaz é o intervalo de tempo para desencadear o processo de aviso e de eventual evacuação das populações prioritariamente em risco. Um bom aviso dará aos envolvidos tempo suficiente para reagir, mas não permitirá perder tempo com incertezas e falta de credibilidade (ALEXANDER, 2002). Considera-se que o tempo entre o aviso e o impacto é um dos principais, senão o principal fator, para o êxito de um processo de alarme e eventual evacuação das populações em risco.

Um sistema de alerta e alarme contra inundações deve contemplar (adaptado de EMA, 1999a):

- A interpretação das previsões para determinar os impactos da cheias na comunidade;
- A construção de mensagens de alerta e de alarme descrevendo o que está acontecendo, os impactos esperados e quais ações a serem tomadas;
- A disseminação da mensagem para os agentes de resposta e para a população;
- A revisão do sistema de alerta e alarme após a emergência; e
- Um mecanismo de monitoramento da eficácia das respostas às mensagens.



**Figura 4.18** – Fluxo de comunicação entre os envolvidos na Defesa Civil (Adaptado de Calheiros, Castro e Dantas, 2007)

### Meios de alerta e de alarme

Dentro dos procedimentos de alerta e alarme devem estar cadastrados os meios de comunicação disponíveis, devendo-se levantar as redes de comunicação alternativas e outras necessidades de equipamentos. A Defesa Civil em Minas Gerais trata esses dispositivos com a nomenclatura de “sistemas de alerta e alarme”.

Os dispositivos de alerta são os meios de telecomunicações públicas e privadas e compreendem as redes de serviço telefônico, fax e celulares, os serviços de radiofrequência da Defesa Civil, a internet e a rede de radioamadores. Esses dispositivos são mais recomendados para os órgãos de defesa civil e outras instituições.

Para a escolha do meio de alarme, deve-se avaliar a extensão da área ameaçada, do tipo e dispersão geográfica da população, a localização dos agentes de resposta da Defesa Civil e os meios e recursos já disponíveis para as autoridades. Para o alarme, acrescentam-se ainda outros dispositivos além dos já citados:

- Sirenes;
- Carros de polícia com auto-falantes;
- Rádio e televisão;
- Publicação e afixação de comunicados de aviso;
- Contatos diretos através de telefonia fixa e móvel; e
- Aviso porta a porta.

As sirenes são um meio muito direto e imediato da alarme, mas podem não ser tão efetivas dada a capacidade de compreensão do sinal pela população. Deve-se prever um sistema de energia auxiliar para permitir sua utilização mesmo após longos períodos sem energia. O seu alcance máximo é de aproximadamente 2 quilômetros. As sirenes são consideradas o canal de comunicação que oferece maior eficácia no aviso a regiões mais populosas. A Figura 4.19 mostra uma sirene implantada no âmbito do sistema de alerta para ruptura da barragem de Tuttle Creek, nos Estados Unidos. É interessante notar os painéis solares e o conjunto de baterias de emergência para garantir o seu funcionamento mesmo durante períodos de falta de energia. Essa sirene é usada também para outros tipos de emergência, como, por exemplo, tornados. O plano de evacuação do local alerta que o som emitido no caso de ruptura da barragem é diferente do utilizado para outros fins.

O aviso através de telefonia e porta a porta só é possível para regiões pouco habitadas, acessíveis em tempo hábil ou dotadas de redes de telefonia fixa ou sinal para celular. Neste último caso, existe o inconveniente de a pessoa estar em local fora da cobertura do sinal ou distante do seu aparelho.



**Figura 4.19** – Exemplo de sirene instalada nos Estados Unidos (USACE, 2005)

Segundo Viseu (2006), diversas características, como idade, grau de alfabetização e situação socioeconômica, influenciam a forma como a população recebe os avisos. Segundo a autora, ao avisar a população, deve-se ter em conta que:

- As pessoas acreditam residir em áreas seguras ou simplesmente não percebem o risco;
- As pessoas duvidam dos avisos;
- Os avisos são considerados mais seriamente quando provêm de diversas fontes;
- O aviso tem de ser simultaneamente ouvido e visto; e
- As pessoas avisadas necessitam de instruções para agirem.

De uma maneira geral, observa-se que um grande desafio reside no treinamento das pessoas que receberão o aviso para garantir a compreensão e atuação que se espera delas. Entretanto, um treinamento que vá além dos agentes de resposta e busque também a população é um assunto delicado e pouco abordado na bibliografia referente ao planejamento para emergências induzidas por barragem. Mais adiante serão apresentadas algumas formas de disseminação do plano para a população disponíveis na bibliografia consultada.

**Tabela 4.15** - Prós e contras dos meios de aviso à população (ALEXANDER, 2002)

Método	Prós	Contras
Sirenes	É um meio simples de som de alarme, de aplicação imediata, que pode ser usado durante a noite para acordar as pessoas e avisá-las para ações de resposta.	Sirenes podem ser facilmente ignoradas ou mal interpretadas por pessoas que não entendem porque elas estão sendo acionadas.
Carros de polícia com alto-falantes	Pode emitir instruções verbais simples sobre o que fazer (ex. evacuar). Um carro de polícia é um sinal de autoridade visível e facilmente interpretável.	É um processo lento para percorrer uma área que precisa ser avisada. Nem todas as pessoas na área podem ver o carro de polícia e ouvir a mensagem.
Mensagens de rádio	É fácil de transmitir, e retransmitir, um conjunto simples de instruções verbais sobre o que fazer para evitar o impacto do desastre.	Uma grande proporção da população pode não estar ouvindo o rádio, especialmente à noite. Algumas das pessoas que estiverem ouvindo podem não estar atentas. A mensagem deverá ser necessariamente transmitida por todas as estações que podem ser sintonizadas no local.
Mensagens de televisão	A audiência da televisão é relativamente grande em qualquer hora do dia. Mensagens áudio-visuais podem ser transmitidas repetidamente, se necessário. O impacto da mensagem é maior que o do rádio.	Assim como o rádio, muitas pessoas podem não estar assistindo televisão. Todos os canais recebidos localmente precisam ser utilizados. Há poucos expectadores durante a madrugada em alguns horários do dia.
Anúncios de jornal	Pode ser combinada com mapas, casos de interesse público e entrevistas para incrementar sua efetividade. acrescentando quantidade considerável de detalhes.	Não é útil para avisos de curto prazo (menores que 24 horas). Uma quantidade relativamente pequena de pessoas compra jornais diariamente.
Campanhas gerais de publicidade	Pode usar todos os meios de comunicação disponíveis, em combinações criativas, para enviar as mensagens.	Campanhas generalizadas de publicidade contra ameaças e riscos não são realmente apropriadas para processos de alarme imediatos; elas servem para necessidades de alerta a médio e longo prazo.

Outro problema reside no fato de que normalmente, os planos prevêm o aviso à população somente quando se constata que a ruptura da barragem é inevitável, o que, segundo Rocha (2002), nasce do receio de causar incômodos desnecessários à população ou de perder a credibilidade da comunidade, caso a ruptura não venha a acontecer. Daí a grande necessidade de interação entre os agentes da defesa civil e os responsáveis pela operação da barragem.

No estudo de caso apresentado por Viseu (2006), onde as áreas potencialmente atingidas foram divididas em três zonas, preconizou-se o esquema de sistema de alarme como apresentado na Tabela 4.16. A tabela apresenta ainda as características das áreas afetadas e as justificativas para a escolha dos sistemas adotados.

**Tabela 4.16** – Exemplo de sistema de alarme adotado para um vale a jusante de barragem (VISEU, 2006)

Zona afetada	Características da área	Meios de alarme	Justificativas do meio escolhido
Zona de auto-salvamento	Área rural – distante a 30 minutos de propagação da onda de cheia de ruptura	Sirenes - acionada pelo proprietário da barragem	O tempo disponível para os agentes da Defesa Civil atuarem é escasso
Zona de segurança principal	Área urbana de Silves – distante entre 30 e 60 minutos da onda	Carros equipados com alto-falantes	O tempo de aviso é suficiente para que a Defesa Civil utilize seus próprios recursos
Zona de segurança secundária	Área rural – distante a mais de 60 minutos	Televisão e rádio	O tempo e a distância oferecem aos agentes opções múltiplas

Convém lembrar que os alarmes preventivos podem não ser seguidos do desastre, e que isso deve ser trabalhado junto à população para que não seja perdida a confiança no sistema de alerta ou prejudique a imagem de segurança que possui a barragem.

#### Construção das mensagens de alerta e alarme à população

Independente dos sistemas de alerta e alarme escolhidos, o conteúdo das mensagens, principalmente faladas e transmitidas por agentes da defesa civil, deve ser previamente definido para cada nível de alerta e de resposta. As mensagens deverão expressar com razoável certeza quais eventos específicos irão ocorrer em uma zona definida em um período de tempo determinado. Elas deverão explicar claramente qual ação deverá ser tomada e a quem ela é direcionada.

As mensagens de alarme deveriam ser um processo repetitivo, onde a primeira mensagem viria seguida por outras que detalhariam as mudanças ligadas à ameaça, ao impacto e às respostas requeridas (EMA, 1999a). No caso da mensagem estar associada à evacuação, deve-se informar sobre as rotas de fuga, meios de transporte disponíveis (ônibus, a pé, veículo próprio etc) e os pontos de encontro (locais seguros) para os quais as pessoas devem se direcionar. Segundo Viseu (2006), o alarme deverá ser atualizado periodicamente, de forma a mostrar que a situação está sendo controlada. Almeida (2001) indica que a mensagem de aviso deve ainda incluir o tempo disponível para a população se colocar a salvo.

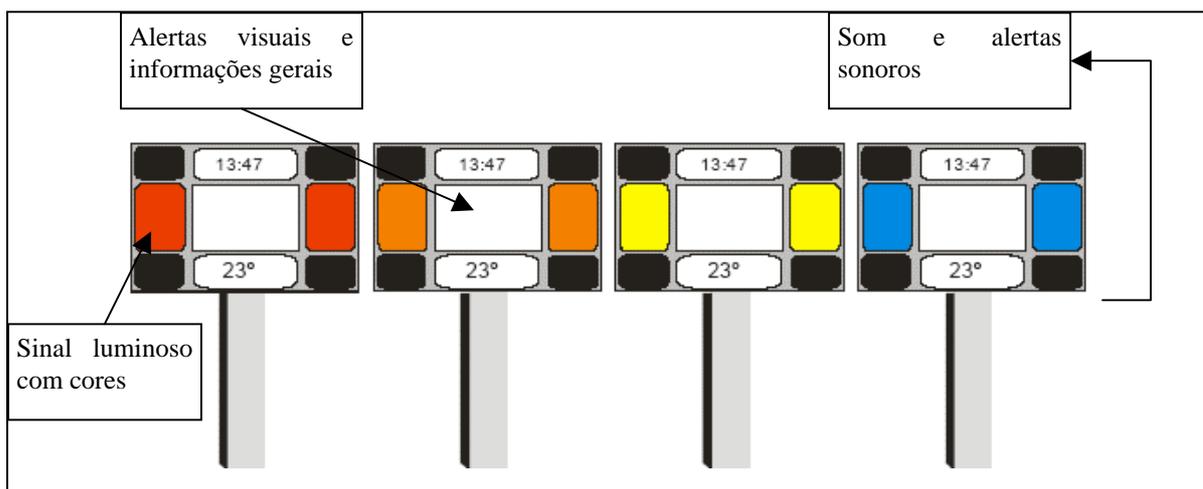
No caso das sirenes, os sons emitidos devem se distinguir de quaisquer outros e ser audíveis em todas as zonas habitadas. Viseu (2006) recomenda a adoção de quatro tipos de sinal:

- Sinal de aviso de descarga;
- Sinal de aviso de estado de prontidão;
- Sinal de aviso de evacuação; e
- Sinal de aviso de experiência, teste ou exercício.

Essa grande variação de tipos de sinal só é possível com o uso de sirenes eletrônicas, que permitem sintetizar diversos sons. As sirenes acústicas são mais limitadas quanto a essa variabilidade.

Na Espanha, o sistema nacional de defesa civil está tentando criar um padrão para o som emitido pelas sirenes, de forma que pessoas que vivam em lugares diferentes consigam identificar facilmente o seu significado, como é feito com os sinais de trânsito. É um trabalho difícil, já que cada autoridade regional já possui seus próprios padrões e reluta em alterá-los.

Um estudo para a aplicação de um sistema de alerta para cheias naturais numa micro-bacia do município brasileiro de São Carlos, no estado de São Paulo, propõe a utilização de uma “sinaleira ambiental”, baseada no modelo de semáforos, com cores referentes a vazões específicas, alertas visuais e sonoros (GUEDES E MENDIONDO, 2007). O dispositivo proposto pode ser visto na Figura 4.20.



**Figura 4.20** – Modelo de sinalização proposto por Guedes e Mendiondo (2007)

As características socioculturais da população que receberá o alarme devem ser levadas em consideração. Stallings (2002) sugere que, se tratando de emergências de origem tecnológicas, a perda de credibilidade e de confiança aos olhos do público é sintomática das interferências na comunicação, que derivam do fato de que a percepção do risco tem raízes na sociologia. Entre outros, os seguintes fatores tendem a contribuir para uma resposta adequada às mensagens de aviso e alerta (ALMEIDA, 2001):

- Recursos econômicos;
- Cultura;
- Atributos psicológicos;
- Atividade profissional;
- Conhecimento (dos perigos, dos planos de ação etc)
- Cognição (otimismo, fatalismo, stress etc);
- Experiência;
- Atributos fisiológicos; e
- Deficiências físicas ou mentais.

Na Figura 4.21 mostra-se um exemplo de mensagem a ser noticiada em caso de iminência de ruptura de barragens no rio Savannah, no estado da Georgia, Estados Unidos, e na Figura 4.22 são mostrados modelos de mensagens de alerta, de alarme e de retorno, a serem divulgadas repetidamente para a população no âmbito de um plano de emergências para inundações induzidas por barragens, fornecidos pela Divisão de Segurança de Barragens do Departamento de Proteção Ambiental (DEP), na Pensilvânia, também nos Estados Unidos.

**Texto:**

Uma parte da barragem J. Strom Thurmond está em iminência de ruptura de acordo com o estado de emergência notificado à (hora). A barragem está localizada no rio Savannah, a aproximadamente 22 milhas a montante da cidade de Augusta, Georgia. Em um esforço de prevenir a ruptura completa da barragem, a água será propagada pelo vertedouro a uma taxa de aproximadamente (indicar as condições gerais do fluxo), conforme informado por um representante do U.S. Corps of Engineers.

As autoridades de gestão de emergências foram notificadas e prestarão auxílio na evacuação das pessoas das áreas ameaçadas pela inundação. Os moradores do vale entre a barragem J. Strom Thurmond até Augusta estão sendo alertados a ouvir as notícias e agir segundo instruções.

Residentes nas áreas mais baixas ao longo do rio Savannah devem se mover imediatamente para pontos mais elevados.

O porta-voz do USACE reforça a necessidade dos residentes ficarem alertas para novos comunicados.

Anúncios sobre a emergência serão feitos via meios de comunicação pela ativação do Sistema de Alerta de Emergência

**Figura 4.21** – Exemplo de mensagem de alerta a ser divulgada na mídia (Columbia County Emergency Management Agency, 2001)

**MENSAGEM DE ALERTA**

A Agência de Gestão de Emergências do Condado \_\_\_\_\_ alerta que devido às condições da barragem \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_\_ (município) \_\_\_\_\_, a população deverá evitar a área a jusante da barragem \_\_\_\_\_ (inserir a descrição da área de inundação) \_\_\_\_\_.

Fiquem atentos para outras informações.

\*\*\*REPETIR PERIODICAMENTE\*\*\*

**MENSAGEM DE EVACUAÇÃO:**

A Agência de Gestão de Emergências do Condado \_\_\_\_\_ está avisando a todos os moradores que vivem a jusante da barragem \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_\_ (município) \_\_\_\_\_ que evacuem a área imediatamente. Evacuem a área \_\_\_\_\_ (inserir descrição da área de inundação) \_\_\_\_\_. Se você necessitar de abrigo durante essa emergência você deverá se reportar ao \_\_\_\_\_ (localização do centro de recepção/cuidados a ser determinado pelo Centro de Gerenciamento de Emergências do condado durante o período da emergência) \_\_\_\_\_.

\*\*\*REPETIR PERIODICAMENTE\*\*\*

**INCIDENTE RESOLVIDO – SEGURO PARA RETORNAR**

A Agência de Gestão de Emergências do Condado \_\_\_\_\_ está avisando aos moradores da área a jusante da barragem \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_\_ (município) \_\_\_\_\_ que o problema na barragem foi resolvido e que os moradores podem retornar aos seus lares.

\*\*\*REPETIR PERIODICAMENTE\*\*\*

NOTA: As mensagens acima deverão ser modificadas de acordo com a situação.

**Figura 4.22** – Exemplos de mensagens periódicas de alerta e de alarme para a população (DEP, 2005)

#### 4.3.3.4 Deslocamento - procedimentos de evacuação

A etapa de deslocamento corresponde à evacuação propriamente dita e envolve a remoção das pessoas de áreas perigosas ou potencialmente atingidas para uma área segura. Uma vez que as autoridades tenham decidido pela evacuação, ativam-se os sistemas de alarme e os deslocamentos são iniciados seguindo uma ordem de prioridades conforme planejado no plano de evacuação. Esse plano deve se basear nos mapas de risco, que informam os tempos disponíveis para atuação e as áreas potencialmente atingidas. Rotas, pontos de encontro e abrigos devem ser previamente definidos e o processo de evacuação precisa ser constantemente supervisionado pela polícia e autoridades de defesa civil.

A divisão dos setores é feita com base no tempo disponível de evacuação em cada área e em outras características, como a topografia, o acesso, a densidade de construções e de pessoas. Naqueles locais cujo o tempo disponível para a Defesa Civil atuar é muito curto, deve-se considerar o princípio do auto-salvamento. Segundo esse princípio, a população deve se deslocar para locais seguros, previamente informados, após serem avisadas pelos sistemas de alarme. As demais áreas a serem evacuadas serão gerenciadas pelo próprio sistema de Defesa Civil.

Para cada setor, um ou dois locais públicos devem ser designados para onde as pessoas são direcionadas durante o processo de evacuação. Esses locais são chamados de “pontos de encontro” e o seu objetivo é concentrar as pessoas de um determinado setor para posteriormente serem encaminhadas para os abrigos pré-determinados. Viseu (2006) recomenda que esse pontos devem ser bem identificáveis no terreno e de fácil acesso, devendo-se evitar percursos muito longos, que obriguem as pessoas a percorrerem grandes distâncias à pé. Deve-se, ainda, evitar que esses locais fiquem inacessíveis a veículos rodoviários, garantindo o acesso aos agentes da Defesa Civil, que enviarão os meios de transporte necessários para buscar os desalojados e encaminhá-los para os locais adequados.

Geralmente são escolhidos como pontos de encontro espaços públicos como, por exemplo, pátios de igrejas, campos de futebol, áreas de lazer e outros espaços abertos localizados em cotas mais elevadas. É comum definirem-se pontos de encontro secundários para um primeiro atendimento médico e triagem dos desalojados para seu encaminhamento a abrigos ou casas de amigos e familiares. Dependendo da situação, pode-se fazer essa triagem à medida que as pessoas vão chegando aos abrigos.

Deve-se prever ainda o atendimento às pessoas com necessidades especiais, como pacientes de hospitais, creches, prisões e demais pessoas com dificuldades de locomoção. Quando possível, esses casos deverão estar listados nos planos de emergência para atuação pontual por parte dos agentes da defesa civil. Adicionalmente, é necessário prever a existência de pessoas de fora, como turistas e trabalhadores temporários, nas áreas ameaçadas ou, ainda, grandes aglomerações de pessoas em eventos esportivos, religiosos ou de lazer.

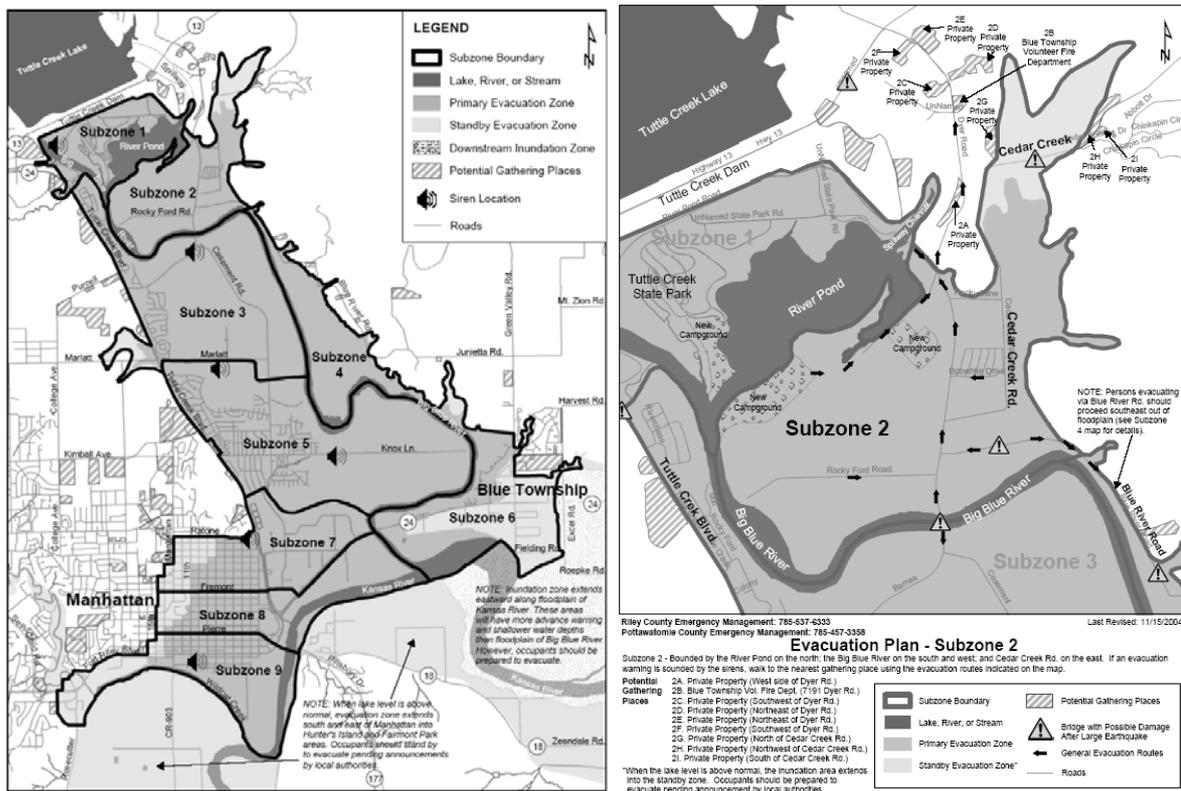
As rotas que as pessoas e os agentes devem utilizar são informadas pelo sistema de alarme e as autoridades devem garantir que não sejam bloqueadas (por lama ou árvores, por exemplo), acionando, sempre que necessário, os equipamentos destinados à liberação desses caminhos. Em alguns casos, é fundamental que as pessoas não utilizem carros para fugirem, uma vez que podem provocar congestionamentos e bloquear as passagens. Por isso, a utilização dos meios de transporte fornecidos pela prefeitura são, normalmente, mais recomendáveis.

Algumas formas especiais de planejamento incluem a possibilidade de evacuar as pessoas verticalmente em andares superiores de edificações quando uma cheia ameaça a região e o processo de evacuação tradicional pode se ver prejudicado por fatores como uma topografia muito desfavorável. Um exemplo de plano de evacuação vertical é descrito por Viseu (2006), na cidade suíça de Zurique, onde, decorrendo apenas uma hora entre a eventual ruptura das barragens e a chegada da onda de inundação à cidade, a medida prática de proteção principal, fora da zona de risco maior, consiste em deslocar as pessoas para os andares superiores ao 3º piso dos edifícios. Segundo Alexander (2002), é necessário saber se essas pessoas permanecerão seguras nessa situação e se possuem equipamentos e mantimentos para permanecerem isolados antes da ajuda chegar ou a inundação cessar.

#### 4.3.3.5 Representação dos planos de evacuação

Para Viseu (2006), “a peça chave do plano de evacuação é o mapa de inundação”, no qual são definidos os limites de proteção e segurança para os quais não se espera que o nível d’água seja ultrapassado, além de indicar os locais de concentração, rotas de fuga e os tempos disponíveis para atuação antes da chegada da onda de cheia. Dessa forma, os agentes de defesa civil têm à sua disposição, em um único documento, as informações necessárias para determinar as prioridades de evacuação, os pontos de envio de transporte, as medidas de controle de tráfego e vias a serem bloqueadas, estratégias de resgate e medidas de segurança nas áreas de inundação. Quando o plano é divulgado para a população, essa forma de representação é facilmente compreendida pela maioria das pessoas.

Um exemplo de aplicação de mapas na representação de planos de evacuações é o Sistema de Alerta para ruptura de barragem de Tuttle Creek, nos Estados Unidos (Figura 4.23), disponível para acesso público em USACE (2005). Nele, é possível observar a divisão de setores feita para a área ameaçada, as indicações de rotas de fuga para a população, os pontos de encontro a serem utilizados, os limites de inundação e as pontes e vias que podem ser danificadas durante a emergência.



**Figura 4.23** – Exemplos de Planos de Evacuação do Sistema de Alerta para ruptura da barragem de Tuttle Creek, nos Estados Unidos (USACE, 2005, em inglês)

Alguns planos fazem a opção por complementar os mapas com listas detalhadas dos locais potencialmente afetados pela inundação. É o caso, por exemplo, da Columbia County Emergency Management Agency (2001), que apresenta longas tabelas com os nomes das áreas, das ruas e principais edificações afetadas pela cheia, além de listar todas as rotas para evacuação, pontos de encontro e abrigos.

#### 4.3.3.6 Atribuições (quem?)

A Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) é o órgão responsável pelo planejamento, articulação, coordenação, mobilização e gestão do Sistema de Defesa Civil, no âmbito do município. O Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC) agrega os três níveis de governo. No município, é constituído pelos seguintes órgãos, articulados pela COMDEC:

- Conselho Municipal de Defesa Civil
- Coordenadoria Executiva de Defesa Civil
- Núcleos Comunitários de Defesa Civil
- Órgãos Setoriais
- Órgãos de Apoio

Os principais agentes da Defesa Civil são o corpo de bombeiros, as forças de segurança (polícias), as forças armadas, as entidades de emergências médicas e autoridades marítimas e aeronáuticas. Existem ainda as instituições com dever de cooperação, como os serviços de saúde (centros de saúde, hospitais, administrações regionais de saúde); instituições de segurança social; instituições com fins de socorro e solidariedade social (Cruz Vermelha, Santa Casa e outros), serviços de segurança e socorro privados; os órgãos ambientais, de recursos hídricos, agricultura e indústria; órgãos responsáveis pela energia, transporte, saneamento, abastecimento de água e comunicações.

O Conselho Municipal de Defesa Civil age como órgão consultivo e deliberativo e é constituído por representantes das Secretarias Municipais e dos órgãos da Administração Pública Municipal, Estadual e Federal sediados no município, e por representantes das classes produtoras e trabalhadoras, de clubes de serviços, de entidades religiosas e de organizações não-governamentais (ONGs) que apóiam as atividades de Defesa Civil em caráter voluntário. A participação das lideranças comunitárias e de representantes dos Poderes Judiciário e Legislativo contribui para aumentar a representatividade do Conselho.

Calheiros, Castro e Dantas (2007) recomendam que a Presidência do Conselho Municipal de Defesa Civil seja assumida pelo Prefeito Municipal, enquanto que a Vice-Presidência, pelo Coordenador ou Secretário Executivo da COMDEC. Ainda segundo os autores, a COMDEC deve ser composta por um Coordenador ou Secretário-Executivo, um Conselho Municipal e por Áreas e Setores que desenvolvam atribuições administrativas, de minimização de desastres (preparação e prevenção) e operações de resposta e reconstrução. O Coordenador ou Secretário-Executivo da COMDEC deve ser um profissional experiente e com reconhecida capacidade técnica em gerenciamento de desastres, com acesso ao Prefeito, competência e autoridade para tomar decisões em situações de crise.

Nos municípios de pequeno porte, a estrutura organizacional da COMDEC pode ser mais simplificada, com um Coordenador ou Secretário-Executivo, um técnico que irá desempenhar

as atribuições de cadastramento e revisão de recursos e um setor técnico-operativo que desenvolverá as atividades de minimização de desastres. Nos municípios de maior porte, justifica-se a organização de um Centro de Comunicações, com plantão de 24 horas. Os demais integrantes da COMDEC deverão fazer parte do quadro efetivo da Prefeitura Municipal e ter dedicação exclusiva nas atividades de Defesa Civil. A seleção de pessoal deverá observar as características dos desastres que ocorrem no município, dando preferência aos profissionais que possam atuar nessas circunstâncias de desastres (CALHEIROS, CASTRO e DANTAS, 2007).

Os Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDEC) são compostos por membros organizados em diferentes Grupos Comunitários que constituem os distritos, vilas, povoados, bairros, quarteirões, edificações de grande porte e distritos industriais. Funcionam como elos entre a comunidade e o governo municipal através da COMDEC, com o objetivo de reduzir desastres e de promover a segurança da população contra desastres, que podem ocorrer nos cenários estudados (LUCENA, 2005). A instalação dos NUDEC é importante, principalmente, nas áreas de riscos intensificados de desastres, e tem por objetivo principal informar, organizar e preparar a comunidade local para minimizar os desastres e responder rapidamente aos mesmos, buscando reduzir ao máximo a intensidade dos danos e prejuízos conseqüentes. O bom desempenho dos NUDEC depende do apoio das equipes técnicas da COMDEC, que devem buscar o máximo de interação com as comunidades locais. Normalmente, os Planos de Contingência são elaborados na COMDEC e levados aos NUDEC para que os mesmos aprofundem suas atuações.

Os NUDEC funcionam como fóruns de debate sobre Defesa Civil e as reuniões têm por objetivo planejar as atividades relacionadas à redução de desastres, com destaque para (CALHEIROS, CASTRO e DANTAS, 2007):

- A avaliação dos riscos de desastres e a preparação de mapas temáticos relacionados com as ameaças, com as vulnerabilidades dos cenários e com as áreas de riscos intensificados;
- A promoção de medidas preventivas estruturais e não-estruturais, que são desenvolvidas com o objetivo de reduzir os riscos de desastres;
- A elaboração de planos de contingência para responder às hipóteses de desastres e exercícios simulados para aperfeiçoá-los;

- O treinamento de voluntários e das equipes técnicas operacionais para atuarem em circunstâncias de desastres; e
- A organização de um plano de chamada, com o objetivo de otimizar o estado de prontidão, na iminência de desastres;

Os órgãos Setoriais são constituídos por órgãos e entidades da Administração Pública Municipal e da Administração Pública Estadual e Federal sediados no município, os quais se responsabilizam pela execução das ações de resposta aos desastres, que se fizerem necessárias, sob a coordenação do órgão local de defesa civil. Esses órgãos podem compor o Conselho Municipal de Defesa Civil.

Os órgãos de apoio são os órgãos e entidades públicas e privadas que podem ser convocados para apoiar as ações de Defesa Civil, sob a coordenação da COMDEC.

Durante a gestão da emergência, quando são ativados os COEDC, o plano deve prever a organização dos envolvidos na defesa civil em equipes funcionais. Cada equipe deve possuir seu próprios coordenadores, possuindo seus planos de ação em caso de emergência, que não é mais que um dos procedimentos operacionais do plano de emergência geral. Assim, seguindo a terminologia apresentada por Calheiros, Castro e Dantas (2007) e CEDEC/MG (2007?), pode-se dividir essas equipes conforme apresentado a seguir.

#### Equipe de logística

Esta equipe é responsável por:

- organizar a utilização da frota de veículos da prefeitura (ônibus, ambulâncias, veículos de carga, transporte de animais, máquinas pesadas e barcos);
- coordenar o levantamento de dados, elaboração de mapas e de cadastramento;
- garantir o fornecimento de energia e combustíveis durante as operações de emergência;
- planejar o transporte e evacuação de animais;
- registrar em mapa as vias de acesso ao município (sede), aos distritos e as vias de interligação entre sede e distritos do município;
- gerenciar os operadores de veículos para passageiros, máquinas pesadas, abastecedores de combustíveis, controladores de tráfego e mecânicos e soldadores;

- planejar o fornecimento de energia durante a emergência, prever as comunicações, providenciar o abastecimento de alimentos, remédios e itens para abrigos;
- promover a gestão do abrigo.

Especificamente com relação a esse último item, os abrigos temporários são operados de acordo com padrões oferecidos pelo Estado (VALENCIO, 2007).

#### Equipe de busca e salvamento

Esta equipe é responsável por avisar as pessoas nas áreas ameaçadas, conduzir o deslocamento e assegurar a evacuação daqueles com dificuldades de locomoção. Tem ainda a atribuição de tentar localizar vítimas após o impacto. Esses trabalhos podem ser feitos por via terrestre, aquática ou aérea, sendo que cada uma dessas formas requer conhecimentos técnicos específicos, perícia, habilidade, treinamento, resistência física e tenacidade.

Calheiros, Castro e Dantas (2007) recomendam que os integrantes dessa comissão sejam, preferencialmente, bombeiros, militares, engenheiros, arquitetos, mecânicos, pedreiros, mestre de obras e esportistas.

#### Equipe de comunicação social

Equipe que define a estratégia para difundir para o público, pelos meios de comunicação, os avisos, as informações, os boletins e as medidas de auto-proteção a serem adotadas.

#### Grupo de operações

Garante a ligação entre todas as equipes, mantém registro sobre a evolução da situação de emergência, define as zonas de atendimentos prioritários, quantifica os danos e inventaria os meios para o cumprimento da função.

#### Equipe de segurança e ordem pública

Tem por objetivo restringir o acesso às áreas potencialmente atingidas, proteger as pessoas e os bens, patrulhar a área sinistrada e assegurar a manutenção da lei e da ordem pública.

Segundo Calheiros, Castro e Dantas (2007), na ocorrência de uma emergência ou desastre, esta equipe deve:

- proibir imediatamente da venda e uso de bebidas alcoólicas, uso e porte de arma e aumentar a repressão ao uso de drogas;

- dar proteção especial a depósitos, armazéns, lojas de gêneros alimentícios, remédios e equipamentos, bancos, edifícios da Prefeitura e de serviços essenciais, hospitais e locais de atendimento médico;
- manter a ordem em locais de distribuição de alimentos e artigos médicos; e
- estar pronta para dar contribuição e facilitar os trabalhos de evacuação de mortos, feridos e da população em geral.

#### Equipe de saúde

Tem a missão de prestar os primeiros socorros às vítimas, garantir apoio médico aos deslocados e garantir as condições mínimas de salubridade, nas áreas atingidas e nos abrigos.

#### Equipe de manejo de mortos

A equipe responsável pelo manejo de mortos deve ter, no mínimo, um membro do Poder Judiciário, outro da Polícia, outro do Setor Saúde, além de um da COMDEC. É necessário ter sempre em mente que não devem ser esquecidos ou eliminados os procedimentos técnicos, oficiais e legais para essas atividades. É fundamental a participação do médico, de preferência com especialização em Medicina Legal.

A equipe deverá seguir os procedimentos a serem cumpridos no local de encontro das pessoas mortas, identificando os mortos, definindo a causa da morte e transportando para um local de reunião de corpos. É importante fotografar o cadáver, colher impressões digitais e guardar o espólio para facilitar identificações. Procedimentos legais deverão ser realizados no local de reunião dos corpos afim de promover a entrega do corpo ou definição de seu destino final.

#### **4.3.4 Planos operacionais e especializados do Plano de contingência geral (Complementares ao PEE)**

A Defesa Civil municipal deverá estar preparada para uma variedade muito maior de desastres que podem afetar a região. Os procedimentos de alerta, alarme e evacuação, assim como o mapeamento de riscos, podem ser diferentes dependendo da ameaça analisada. Verifica-se que são muito vastos os aspectos que envolvem a gestão de uma emergência no âmbito de um Plano Municipal de Emergências. Dentre os objetivos de um plano de contingências estão:

- alojar as pessoas desabrigadas, providenciando a alimentação, disciplina do alojamento e organização;
- prover transporte para as pessoas que estão sendo evacuadas e seus itens pessoais;

- organizar as equipes responsáveis pela remoção dos desabrigados, busca e salvamento e reabilitação das edificações atingidas;
- providenciar atendimento médico e de primeiros socorros nos pontos de encontro e demais áreas de recepção;
- restabelecer o trânsito e controlar os acessos às áreas atingidas;
- garantir a segurança das áreas a serem evacuadas;
- prever comunicação com os órgãos responsáveis pelo restabelecimento dos serviços essenciais como comunicações, energia e água potável;
- organizar o recebimento, armazenamento e distribuição dos donativos aos necessitados;
- avaliar os danos e realizar levantamentos e vistorias em áreas atingidas pela inundação;
- adquirir todos os materiais necessários, priorizando medicamentos e alimentação;
- divulgar informações ao público;
- coordenar voluntários;
- promover o salvamento animais domésticos dos desabrigados;
- registrar todos os desalojados e controlar o seu retorno;
- prever o manejo de mortos; e
- prover auxílio psicológico às vítimas do desastre.

Procedimentos específicos devem estar preparados para lidar com cada um desses itens e o SINDEC possui uma vasta documentação para auxiliar essa tarefa.

#### **4.3.5 Disseminação do plano**

A preparação da população residente na área de risco é uma ação de mitigação do risco para desenvolver a capacidade de antecipar um eventual desastre e, caso este ocorra, agir positivamente, tanto em resposta, quanto na evacuação, resistir ao seu impacto e se recuperar de suas conseqüências.

Cada pessoa lida com as emergências de uma forma peculiar, e as reações individuais podem não ser as mais apropriadas, conduzindo a situações mais perigosas. Um exemplo são pessoas que, ao receber um aviso de ameaça, se direcionam para áreas de maior risco ou a congestionamentos, obstruindo as vias.

EMA (1999a) chama a atenção para os problemas críticos no desenvolvimento e manutenção de sistemas de alerta e alarme, dentre os quais cita a necessidade de assegurar o envolvimento da comunidade no projeto e desenvolvimento dos sistemas de alerta e alarme e incorporação das organizações e sua integração nas atividades de gerenciamento de emergências e de uso e ocupação das planícies.

É necessário avaliar o nível de conhecimento em planos de emergência da sociedade onde pretende-se implantar o PEE. No Brasil, é comum que a população não conheça sequer os planos relativos aos desastres de maior prevalência, assim, é provável que a disseminação direta de um plano para ruptura da barragem, que são eventos raros, gere reações adversas nas pessoas, normalmente leigas no assunto. Para Viseu (2006), dois tipos de ações são essenciais na preparação da população:

- O primeiro, relativo à sensibilização das pessoas, promove sessões de esclarecimento e divulgação de informações relativas ao risco de habitar os vales a jusante de barragens e à existência de planos de emergência. Inicialmente são apresentados aqueles relativos aos desastres de maior prevalência e depois os induzidos por barragens; e
- O segundo, relativo à educação da população, promove programas de informação pública sobre o zoneamento do risco, codificação dos significados das mensagens e regras de evacuação, envolvendo, inclusive, a realização de exercícios monitorados.

Uma abordagem por etapas permite o amadurecimento gradativo da população, permitindo implantar novas estratégias de divulgação que terão maior abrangência na sociedade.

A forma de divulgação das informações pode ser feitas através de palestras, programas na mídia, manuais, apostilas ou através da internet. Um exemplo é o plano de evacuação para divulgação à população da cidade de Kansas, nos Estados Unidos (Figura 4.24), que traz recomendações sobre as formas de deslocamento, de como lidar com as crianças que estão em escolas e creches etc. Esse plano é disseminado tanto na forma impressa quanto *online*. Nesta última, é possível navegar virtualmente pelo plano de evacuação, além de ser possível ouvir o som que será emitido pela sirene caso ocorra uma emergência ruptura da barragem.

A Figura 4.25 mostra partes de uma apostila divulgada pelo ORSEP, na Argentina, para estimular o conhecimento da população sobre a importância das barragens, os métodos de segurança e manutenção das estruturas, e de como as autoridades estão preparadas para atender uma situação emergencial. Esse guia é interessante pois possui uma formatação amigável e didática sobre o tema.

No Brasil, o SINDEC é responsável por treinar as COMDECs e auxiliar na elaboração do plano de trabalho e formação das equipes. Calheiros, Castro e Dantas (2007) trazem recomendações sobre as reuniões com as comunidades, sugerindo a pauta e os itens a serem tratados, inclusive a forma de abordagem. O objetivo principal dessas reuniões é conscientizar as pessoas dos benefícios da preparação para desastres e participação nas atividades e como isso influenciará na redução dos riscos a elas próprias.

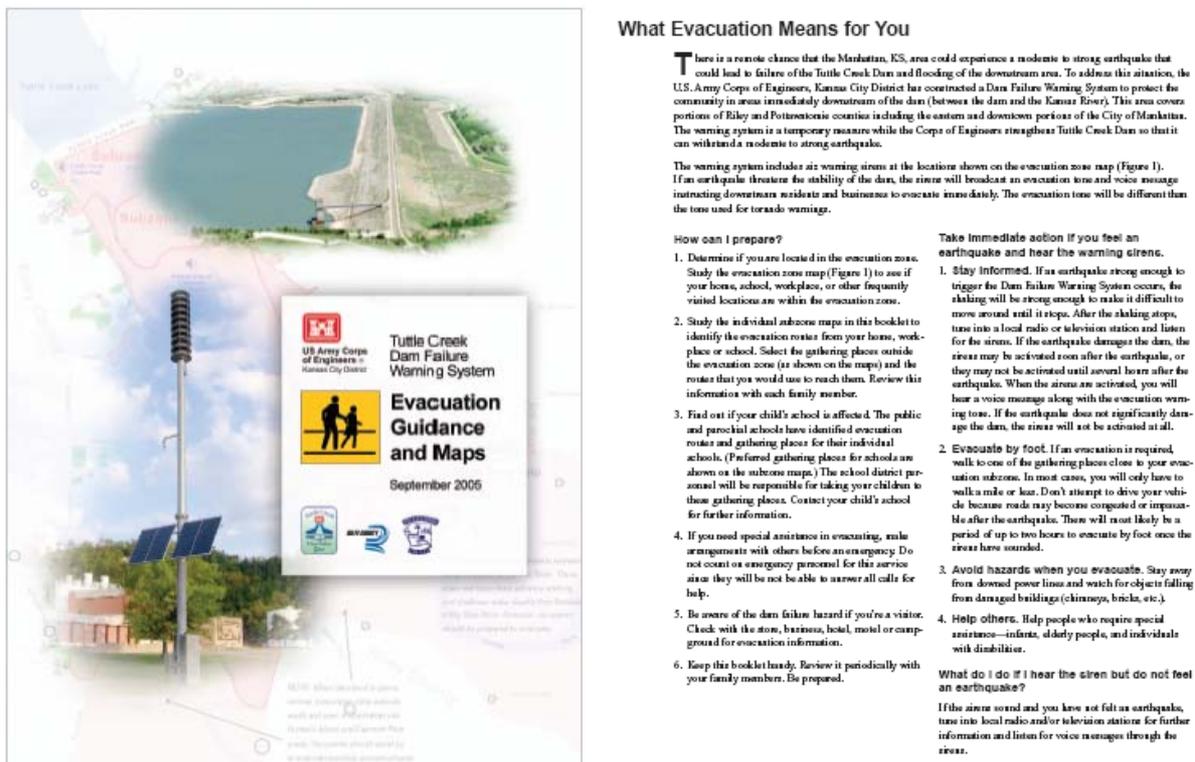


Figura 4.24 – Guia de evacuação do sistema de alerta para ruptura da barragem de Tuttle Creek, nos Estados Unidos (USACE, 2005)

### What Evacuation Means for You

There is a remote chance that the Manhattan, KS, area could experience a moderate to strong earthquake that could lead to failure of the Tuttle Creek Dam and flooding of the downstream area. To address this situation, the U.S. Army Corps of Engineers, Kansas City District has constructed a Dam Failure Warning System to protect the community in areas immediately downstream of the dam (between the dam and the Kansas River). This area covers portions of Riley and Pottawatomie counties including the eastern and downstream portions of the City of Manhattan. The warning system is a temporary measure while the Corps of Engineers strengthens Tuttle Creek Dam so that it can withstand a moderate to strong earthquake.

The warning system includes air warning sirens at the locations shown on the evacuation zone map (Figure 1). If an earthquake threatens the stability of the dam, the sirens will broadcast an evacuation tone and voice message instructing downstream residents and businesses to evacuate immediately. The evacuation tone will be different than the tone used for torpedoes warnings.

#### How can I prepare?

1. Determine if you are located in the evacuation zone. Study the evacuation zone map (Figure 1) to see if your home, school, workplace, or other frequently visited locations are within the evacuation zone.
2. Study the individual subzone maps in this booklet to identify the evacuation routes from your home, workplace or school. Select the gathering places outside the evacuation zone (as shown on the maps) and the routes that you would use to reach them. Review this information with each family member.
3. Find out if your child's school is affected. The public and parochial schools have identified evacuation routes and gathering places for their individual schools. (Preferred gathering places for schools are shown on the subzone maps.) The school district personnel will be responsible for taking your children to these gathering places. Contact your child's school for further information.
4. If you need special assistance in evacuating, make arrangements with others before an emergency. Do not count on emergency personnel for their service since they will be not be able to answer all calls for help.
5. Be aware of the dam failure hazard if you're a visitor. Check with the store, business, hotel, motel or campground for evacuation information.
6. Keep this booklet handy. Review it periodically with your family members. Be prepared.

#### Take Immediate action if you feel an earthquake and hear the warning sirens.

1. **Stay Informed.** If an earthquake strong enough to trigger the Dam Failure Warning System occurs, the shaking will be strong enough to make it difficult to move around until it stops. After the shaking stops, tune into a local radio or television station and listen for the sirens. If the earthquake damages the dam, the sirens may be activated soon after the earthquake, or they may not be activated until several hours after the earthquake. When the sirens are activated, you will hear a voice message along with the evacuation warning tone. If the earthquake does not significantly damage the dam, the sirens will not be activated at all.
2. **Evacuate by foot.** If an evacuation is required, walk to one of the gathering places close to your evacuation subzone. In most cases, you will only have to walk a mile or less. Don't attempt to drive your vehicle because roads may become congested or impassable after the earthquake. There will not likely be a period of up to two hours to evacuate by foot once the sirens have sounded.
3. **Avoid hazards when you evacuate.** Stay away from downed power lines and watch for objects falling from damaged buildings (chimneys, bricks, etc.).
4. **Help others.** Help people who require special assistance—infants, elderly people, and individuals with disabilities.

#### What do I do if I hear the siren but do not feel an earthquake?

If the siren sounds and you have not felt an earthquake, tune into local radio and/or television stations for further information and listen for voice messages through the sirens.



- Deve estar informado sobre a entidade que lhe transmite a notícia da eminência de emergência e ordem de evacuação;
- Deve conhecer os limites de inundação; e
- Deve conhecer o local e os acessos aos pontos de encontro e abrigos;

Essas informações são importantíssimas, principalmente para os habitantes das zonas imediatamente a jusante da barragem, onde o auto-salvamento impera. Em Portugal, inclusive, são utilizados marcos indicativos das cotas de inundação ao longo do rio a jusante da barragem de Penacova para orientação da população (BALBI, 2007).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho organiza-se segundo as etapas seguintes:

1. Revisão da legislação brasileira e de outros países referente à segurança de barragens e planejamento de emergências contra inundações provenientes de rupturas;
2. Revisão da bibliografia relativa à experiência mundial na elaboração de Planos de Ações Emergenciais - PAEs;
3. Desenvolvimento de uma proposta metodológica para elaboração de planos de ações emergenciais; e
4. Aplicação da metodologia proposta em um sistema Vale-Barragem, como estudo de caso.

### 5.1 *Revisão da legislação*

Neste item, faz-se uma comparação do que é apresentado na legislação brasileira referente à segurança de barragens e dos vales a jusante com a legislação de outros países. Foram enfatizadas as questões de gerenciamento de risco a jusante e da segurança operacional de barragens.

MARTINS (2000) analisou a legislação referente à segurança de barragens de diversos países, concluindo que eles se dividem em:

- aqueles que possuem legislação pertinente (completa ou sumária);
- aqueles em que a legislação específica é de difícil acesso;
- aqueles que não têm ou consideram desnecessária legislação específica; e
- aqueles que estão desenvolvendo a legislação pertinente, como, por exemplo, o Brasil.

O autor cita ainda as principais dificuldades de um estudo comparativo como este, que são:

- a legislação sobre barragens pode estar incluída em legislação referente a contextos mais vastos, como, por exemplo, infra-estruturas hidráulicas;
- a legislação sobre barragens pode remeter a outros textos legais;

- as legislações podem ser de tipos diferentes (puramente administrativa ou técnico-administrativa) e apresentar graus de pormenorização muito diferenciados;
- o “peso” jurídico da legislação pode ser diverso;
- pode haver legislação distinta consoante às dimensões das barragens;
- os Estados Federados podem dispor de legislações distintas sobre o assunto;
- de acompanhamento das atualizações das legislações; e
- de saber em que medida a legislação é aplicada (fator de certa importância pois, como é óbvio, em qualquer estudo comparativo é mais fecundo se apoiar em legislação que esteja sendo efetivamente aplicada).

No trabalho de revisão das legislações foram consideradas essenciais as seguintes questões:

- a classificação do risco quanto às conseqüências de inundações a jusante;
- critérios para a aplicação da legislação;
- a definição da autoridade fiscalizadora;
- responsabilidades pela segurança da barragem; e
- a existência de guias ou regulamentos para a elaboração dos PAEs.

Naturalmente, não foi objetivo desta investigação revisar toda a legislação existente sobre barragens no mundo. Em virtude das dificuldades citadas, trabalhos como o de Martins (2000), Espanha (1998) e Jansen (1980), que apresentam diversos modelos de legislação, foram aqui utilizados como orientação prévia na seleção dos países a serem estudados, no tocante à legislação e aos Planos de Emergência. Assim, foram priorizados, na revisão literária, os seguintes países com legislação pertinente, guias mais detalhados e facilidade de acesso aos documentos: Argentina, Austrália, Canadá, Espanha, Estados Unidos, Portugal, Reino Unido e Suíça.

## **5.2 Revisão dos PAEs mundiais e proposta metodológica**

O principal objetivo de um plano de emergências é reduzir o risco à vida exposta a um desastre potencial e real. Os motivos secundários envolvem a redução de danos, assegurar a segurança pública durante os desastres e cuidar dos sobreviventes (ALEXANDER, 2002).

Com o objetivo de se conhecer os planos emergenciais aplicados internacionalmente, foram definidas as principais características que deveriam ser levantadas em um trabalho de revisão. Detectou-se a necessidade de estudar os planos em dois níveis distintos de gestão: a gestão do risco interno relativo à operação e manutenção da barragem, materializada pelo Plano de Emergência da Barragem (PEB); e a gestão do risco no vale a jusante, materializado pelo Plano de Emergência Externo do município (PEE).

Realizou-se extensa revisão bibliográfica e visitas técnicas orientadas com o intuito de se conhecer as principais características relacionadas ao PEB e ao PEE, conforme roteiro a seguir:

1. estrutura e composição dos planos;
2. ferramentas computacionais utilizadas;
3. mapeamento das áreas de risco;
4. critérios adotados nos estudos de ruptura e propagação;
5. estratégias de mitigação de desastres;
6. estrutura e avaliação de danos e da vulnerabilidade;
7. divisão das responsabilidades pelas ações de resposta;
8. processos de notificação e sistemas de comunicação;
9. composição de sistemas de aviso e alerta;
10. preparação de resposta a emergências;
11. rotinas de testes, atualizações e treinamentos; e
12. formas de percepção do risco pelos donos da barragem e pela população.

Especificamente para o PEB, pesquisou-se ainda sobre os instrumentos de monitoramento da barragem, análise de riscos e metodologias de análise de propagação de cheias. Para o PEE, na revisão bibliográfica, deu-se enfoque especial aos métodos propostos pela Defesa Civil

brasileira. Foi então empreendida uma visita técnica à Coordenadoria Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais (CEDEC-MG) a fim de conhecer a sua organização a nível estadual e o preparo para atendimento a emergências. Visitou-se ainda o Centro de Operações de Emergências estadual, onde foi possível conhecer como esse centro está equipado e organizado para responder a crises e quais as orientações dadas para a elaboração de PAEs. Levantou-se dados relativos às defesas civis municipais do estado para saber como estão estruturadas.

De forma a enriquecer ainda mais essa revisão e conhecer, na prática, a implantação de planos de emergência em países com grande experiência na área, o autor empreendeu uma viagem a Portugal e Espanha. Ambos países se destacam na elaboração de guias e procedimentos para o desenvolvimento dos planos de emergência de barragens, fruto da evolução vivenciada em suas leis relacionadas ao tema. O primeiro destaca-se pela experiência adquirida por empresas, entidades governamentais e centros de pesquisa com o Projeto NATO-PO-FLOODRISK, cujo objetivo principal foi o desenvolvimento de novas metodologias para a gestão dos riscos relativos a acidentes em barragens europeias. O segundo é o país europeu com o maior número de barragens e possui regulamentação e guias bastante técnicos que orientam a elaboração dos planos, o que permitiu significativo avanço na implantação de planos de emergência em muitas de suas barragens.

Como preparação foram levantadas as principais dúvidas encontradas durante a revisão da bibliografia e posteriormente selecionadas as principais organizações e profissionais a serem visitados.

Na cidade de Lisboa, em Portugal, foram realizadas visitas técnicas aos Departamentos de Hidráulica e Ambiente, Geotecnia e de Barragens de Concreto do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), ao Instituto Superior Técnico (IST) e ao Instituto Nacional da Água (Autoridade nacional de segurança de barragens). Na cidade do Porto visitou-se o Departamento de Segurança de Barragens da EDP (Energias de Portugal) e no interior do país, as barragens de Alqueva e Penacova, com planos de emergência implantados e com sistemas de aviso instalados na comunidade a jusante.

Na Espanha, foram realizadas visitas ao Departamento de Inspeção de Barragens do Ministério do Meio Ambiente (MMA) – autoridade nacional de segurança de barragens – e ao Departamento de Segurança de Barragens do Canal Isabel II (Empresa de abastecimento de água da comunidade autónoma de Madri). Foi realizada ainda uma reunião com

representantes da equipe de segurança de barragens da Iberdrola, principal empresa espanhola do setor elétrico. Visitou-se a barragem de El Atazár, do Canal Isabel II, para conhecer o seu sistema de monitoramento de segurança e de atendimento a emergências e que, segundo seus proprietários, é a que possui maior quantidade de instrumentos de monitoramento no mundo.

Os resultados dessas visitas às entidades portuguesas e espanholas foram compilados no Relatório de Visita Técnica a Portugal e Espanha (BALBI, 2007).

Os dados obtidos na pesquisa bibliográfica e nas visitas técnicas foram consolidados em itens que compuseram as bases metodológicas para a elaboração de Planos de Emergência de Barragens e Planos de Emergência Externos. Para o PEB os dados foram organizados em sete tópicos principais: conteúdo básico, detecção de situações de emergência, procedimentos de ação, mapas de inundação, cenários de ruptura, estudos da cheia de ruptura, treinamentos e revisão dos planos.

Com relação ao PEE, os dados foram organizados em cinco tópicos principais: conteúdo básico, situação do vale, procedimentos de ações emergenciais, planos para contingências gerais e disseminação do plano. Em ambos, os tópicos foram apresentados na ordem em que usualmente estão dispostos nos PAEs revisados.

Para cada plano foram propostos passos que norteiam a sua elaboração, permitindo a utilização orientada dos tópicos discutidos nas revisões dos planos de emergência. A essa associação de passos com elementos apresentados nas revisões chamou-se proposta metodológica.

Tal proposta não pretende ser um documento único de aplicação direta, mas sim uma base onde os responsáveis pela preparação dos planos tenham subsídios suficientes para elaborarem seus próprios PAEs.

### **5.3 Passos para a elaboração de um PEB**

A partir da revisão foi elaborado um conjunto de sete passos para orientar a elaboração do PEB a partir do que foi discutido na revisão. São indicados em cada passo os tópicos da revisão dos PEBs que deverão ser consultados. Como cada tópico apresenta diferentes formas de utilização dos elementos nele tratados, ao aplicar os passos deve-se selecionar a forma considerada mais adequada para cada caso ou combiná-las conforme a conveniência da situação.

A seguir são apresentados os passos propostos:

*Passo 1. Determinar os cenários extremos de cheias e de ruptura.*

Consultar o tópico **Cenários de ruptura**.

*Passo 2. Mapear as áreas que podem ser inundadas e preparar os mapas temáticos baseados nos cenários adotados no Passo 1*

Consultar os tópicos **Estudo da cheia induzida pela ruptura hipotética** e **Mapas de inundação**. O primeiro será utilizado para se obter as cotas de inundação e demais informações da cheia de ruptura a serem lançadas na cartografia utilizada ou MDT. O segundo se refere à classificação das zonas de inundação e formatação dos mapas.

*Passo 3. Identificar os eventos iniciadores das ações de emergência, especificar as ações de resposta a serem tomadas e definir os responsáveis pelas mesmas*

Consultar o tópico **Procedimentos para identificação e análise de situações de emergência** para identificar os eventos iniciadores da emergência e ações para garantir a segurança da barragem. O tópico **Procedimentos de ação** deverá ser consultado para especificar o processo de tomada de decisões durante a gestão da emergência e para definir os responsáveis e demais envolvidos nas ações.

*Passo 4. Coordenar o desenvolvimento do PEB com as equipes e pessoas envolvidas*

Promover reuniões com todos os envolvidos na operação e manutenção das barragens para avaliar procedimentos de emergência já existentes, ainda que relativos a outros fatores de risco, e verificar o conhecimento das pessoas potencialmente envolvidas. De posse dessas informações pode-se articular tais procedimentos com o PEB, obtendo-se um documento padronizado.

*Passo 5. Identificar todos os sistemas de comunicação existentes e estruturar o sistema necessário para a comunicação adequada*

Levantar junto aos operadores da barragem os sistemas de comunicação existentes e consultar o tópico **Procedimentos de ação** para estruturar o sistema de comunicação mais viável.

*Passo 6. Esboçar o Fluxograma de Notificações*

Consultar o tópico **Procedimentos de ação**, em especial o item relativo à fase de notificação.

*Passo 7. Esboçar o PEB com as informações acima, com as ações de mitigação e resposta a serem tomadas, os responsáveis e o planejamento de treinamentos e atualizações*

Esse passo consiste na consolidação do PEB. Deverá ser consultado o tópico **Conteúdo dos Planos de Emergência de Barragens** para definir sua estrutura e formatação. Os elementos obtidos nos passos anteriores deverão ser dispostos conforme estrutura definida. O plano deve ainda conter programação de **Treinamentos, atualização e revisão**.

Após esses passos, deve-se apresentar e discutir o Plano com as autoridades pertinentes e com os responsáveis da concessionária, para revisão e comentários do PEB esboçado e as aprovações e disseminação do mesmo. Essas etapas foram suprimidas neste trabalho por envolverem a participação de autoridades e outras instâncias hierárquicas dentro da Cemig, o que requereria um trabalho longo, e muitas vezes burocrático.

O autor desta dissertação deixa claro que o modelos de PEB aqui apresentado não é empregado pela Cemig GT.

#### **5.4 Passos a serem seguidos na elaboração do PEE**

De maneira semelhante ao que foi tratado para o PEB, elaborou-se um conjunto de seis passos para orientar a elaboração do PEE a partir do que foi discutido na revisão. São indicados em cada passo os tópicos da revisão dos PEEs que deverão ser consultados. Como cada tópico apresenta diferentes formas de utilização dos elementos nele tratados, ao aplicar os passos deve-se selecionar a forma considerada mais adequada para cada caso ou combiná-las conforme a conveniência da situação.

A seguir são apresentados os passos propostos:

*Passo 1. Levantar a situação no vale (características principais das áreas ameaçadas) e identificar a estrutura organizacional para resposta a situações de emergência*

Consultar o tópico **Situação do vale e vulnerabilidade**.

*Passo 2. Mapear as estruturas de apoio (saúde, abrigo, transporte etc) e o Plano de Evacuação (zoneamento, rotas de fuga e pontos de encontro)*

A partir dos mapas fornecidos pelo responsável pelo Plano de Emergência da Barragem, apontar as estruturas de apoio e Plano de Evacuação conforme proposto no tópico **Procedimentos de ações emergenciais**, em especial o item que se refere aos procedimentos de evacuação.

*Passo 3. Identificar todos os sistemas de comunicação*

Levantar junto às autoridades municipais os sistemas de comunicação disponíveis para utilização durante emergências.

*Passo 4. Especificar as ações de resposta a emergências a serem tomadas e os responsáveis pelas mesmas*

Consultar o tópico **Procedimentos de ações emergenciais**.

*Passo 5. Esboçar o Fluxograma de Notificações*

Consultar o tópico **Procedimentos de ações emergenciais**.

*Passo 6. Esboçar o PEE*

O PEE deverá ser estruturado e formatado conforme o tópico **Conteúdo dos Planos de Emergência Externos**. Esse plano se integrará aos planos de contingências gerais disponíveis ou a serem desenvolvidos pelas autoridades de defesa civil do município. As estratégias de **Disseminação do plano** deverão ser incluídas no PEE, avaliando a mais adequada para cada população.

Após esses passos, deve-se apresentar e discutir o Plano com as autoridades pertinentes, para revisão e comentários do PEB esboçado e as aprovações e disseminação do mesmo. Essas etapas foram suprimidas neste trabalho por envolverem a participação de autoridades da Defesa Civil e da administração pública, o que requereria um trabalho longo, e muitas vezes burocrático.

## **5.5 Aplicação da proposta metodológica**

A proposta metodológica foi aplicada em um sistema vale-barragem a fim de avaliar e exemplificar a sua utilização. Esse sistema deveria ser constituído por um vale provido de uma barragem de armazenamento de água localizada a montante de uma área habitada. A escala do sistema escolhido foi tal que se adequasse às necessidades de um estudo de mestrado.

Foi selecionada a barragem da Usina Hidrelétrica de Peti, operada pela CEMIG Geração e Transmissão S.A. (CEMIG GT) e localizada no vale do rio Santa Bárbara. A área habitada escolhida foi a do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, distante cerca de quinze quilômetros a jusante da barragem de Peti, nas margens do rio Santa Bárbara. Esse município se encontra a aproximadamente cem quilômetros a leste de Belo Horizonte.

A escolha desse vale se deu principalmente por se tratar de uma região provida de uma pequena cidade cuja área urbana está concentrada na planície de inundação, a uma curta distância da barragem, com algumas comunidades rurais dispersas ao longo do vale. A proximidade de Belo Horizonte facilitou as visitas aos locais de interesse para aquisição de informações. A população desse município está constantemente sujeita a um risco elevado associado a inundações naturais em áreas urbanas devido ao tipo de ocupação nas margens do rio. Além desses fatores, destaca-se a conveniência do fato de estarem sendo conduzidos, pela concessionária da barragem, estudos de propagação e simulações da cheia gerada a partir de cenários de ruptura hipotética da barragem e vertimento de vazões extremas.

Embora esses estudos realizados indiquem que a cheia de ruptura se propaga por mais de 70 km de distância ao longo do rio, atingindo outros municípios, optou-se por trabalhar, no âmbito desta dissertação, apenas com aquele imediatamente a jusante, para aplicação da metodologia.

Convém ressaltar que tecnicamente Peti é uma barragem muito segura, é do tipo arco-gravidade, possui fundação em rocha sã e conta com procedimentos de auscultação e manutenção adequados à sua segurança. A elaboração do Plano de Emergência não deve ser motivo de preocupação, mas apenas uma medida de segurança adicional às já existentes e que tem permitido o seu funcionamento eficaz e seguro até o momento.

Como resultado da aplicação da metodologia proposta, foram elaborados os esboços dos Planos de Ações Emergenciais para essa instalação e para o município a jusante (PEB e PEE).

Os planos foram definidos como preliminares uma vez que a consolidação de um documento definitivo demandaria reuniões com as autoridades locais e com outras hierarquias da empresa concessionária para a validação e implantação do documento. Esse processo poderia demonstrar-se muito demorado, não sendo adequado ao contexto desta dissertação.

Os cenários extremos de cheias e de ruptura foram determinados a partir de um estudo de simulação de ondas de cheias causadas pela ruptura hipotética da barragem em foco (CEMIG, 2007b). Para esse estudo foi utilizado o modelo de propagação unidimensional FLDWAV do “National Weather Service” dos Estados Unidos (NWS). Esse modelo foi escolhido pela sua simplicidade de utilização, robustez e por já ter sido utilizado em estudos semelhantes anteriormente. Para se conhecer os cenários de cheias naturais extremas, utilizou-se um documento da Centrais Elétricas Mantiqueira (CEM) fornecido pela prefeitura de São Gonçalo do Rio Abaixo que apresenta o mapeamento da área urbana atingida pelas cheias de 1979 e 1997 (CEM, 2002).

Os trabalhos com mapeamento foram executados utilizando-se o programa ESRI ArcGIS, módulo ARCVIEW, de geoprocessamento, a partir dos dados de cotas de inundação obtidos nos estudos de propagação da cheia de ruptura, do Modelo Digital de Terreno e de imagens aéreas ortoretificadas do vale a jusante de Peti, fornecidos pela Cemig GT e obtidas do programa Google Earth.

No ARCVIEW, com a imagem aérea ortoretificada e o Modelo Digital do Terreno ao fundo, a mancha de inundação foi representada com transparência de 50% para facilitar a visualização das áreas atingidas. Foram desenhadas manchas de inundação considerando o tempo de chegada da onda de ruptura, a profundidade máxima da inundação, a velocidade máxima e o produto destas duas variáveis. Essas características foram classificadas principalmente em função da ameaça potencial à vida humana. Para efeitos de planejamento de emergências e organização municipal, o risco a pessoas deve ser o parâmetro mais importante, enquanto que os danos a edificações são mais necessários na estimativa de danos e nas ações posteriores de recuperação.

Com a mancha de inundação como orientação, percorreu-se a imagem aérea do vale e identificaram-se residências e outras instalações que se localizam na zona de possível inundação. A Prefeitura do município forneceu fotos aéreas tiradas de vôo com helicóptero que foram úteis na identificação dos pontos de interesse. Foram feitas marcações para indicar cada residência na zona rural e agrupamentos residenciais e comerciais na área urbana. Foi

feita uma contagem de estruturas potencialmente atingidas pela cheia e foram identificados os pontos de obstrução dos acessos pela inundação, os pontos de encontro e as rotas de fugas para as pessoas.

Para o desenvolvimento do PEB foram levantados, junto à Cemig GT, os atuais procedimentos adotados relativos à segurança, manutenção e operação das suas barragens e reservatórios, estruturando essas informações segundo as diretrizes apresentadas na proposta metodológica.

Para a elaboração do PEE, empreenderam-se visitas ao município, quando buscou-se obter informações relativas à situação em que se encontra o município no que diz respeito ao atendimento a emergências e sua vulnerabilidade a eventos advindos de inundações. Foram levantados os possíveis locais de abrigo, as estruturas de atendimento hospitalar, o grau de alfabetização (importante para definir estratégias de disseminação dos planos), e a situação do saneamento e doenças prevalentes na população (importantes para prever epidemias durante as inundações).

O roteiro de entrevista aplicado, que foi adaptado de modelos propostos pelo SINDEC na “Apostila de Implantação do COMDEC” (CALHEIROS, CASTRO E DANTAS, 2007), se encontra no ANEXO F e foi baseado nas seguintes fichas de entrevista:

1. Entrevista com o Prefeito;
2. Entrevista com atores de desastres passados;
3. Entrevista com agentes da Defesa Civil;
4. Primeiros socorros e assistência pré-hospitalar (situação atual);
5. Atendimento médico e hospitalar (situação atual);
6. Saúde pública (situação atual);
7. Saneamento (situação atual); e
8. Abrigos provisórios e acampamentos.

As pessoas inicialmente questionadas foram selecionadas a partir de um levantamento prévio na prefeitura, agendada com o Secretário Municipal de Serviços Urbanos (representante do prefeito), que indicou os informantes-chave. Foram ainda entrevistadas pessoas que estiveram

envolvidas em desastres passados, como munícipes e funcionários da Cemig na época dos eventos (cheias de 1979 e 1997).

Além do Secretário de Serviços Urbanos, foram entrevistados os Secretários de Meio Ambiente, de Saúde, de Obras e, em seguida, os responsáveis por atividades específicas como: Vigilância Sanitária, Ação Social, Centro de Saúde e Programa de Saúde Familiar. Esse levantamento não teve valor estatístico já que foi utilizado apenas para obtenção de informações necessárias ao plano. Dessa forma, as mesmas fichas de entrevistas tinham de ser aplicadas a várias pessoas para se obter informações mais completas.

Com as informações prestadas relativas às inundações anteriores, buscou-se entrevistar membros da comunidade que tivessem vivenciado os referidos eventos, como moradores locais e funcionários da Cemig. É importante considerar que alguns dos membros da prefeitura, no passado, eram simples munícipes que encararam os desastres como tal. Portanto, em alguns momentos das entrevistas, os comentários eram feitos com a visão do administrador e, em outros, com a visão do morador.

Posteriormente, a partir de informações prestadas durante as entrevistas, utilizou-se dados disponíveis no Programa de Saúde da Família (PSF), que trabalha com informações de comunidades de todo o município. Os PSFs são compostos por inúmeros profissionais e agentes que estão em contato constante com toda a população, inclusive com os moradores de áreas de risco de inundação. Conta com diagnóstico detalhado e atualizado, com informações referentes aos aspectos demográficos, sociais, econômicos, culturais, ambientais e de saneamento básico de todas as áreas atendidas. Os cadastros são mantidos atualizados e tem-se, dessa forma, controle do número de nascimentos, óbitos, pessoas com dificuldades locomotoras, crianças e idosos e sua distribuição por residência. Por isso, esses agentes compõem uma importante força que pode ser utilizada nas fases de comunicação e conscientização dos planos de emergência. A síntese desses dados é apresentada nos itens a seguir.

De forma complementar, a prefeitura forneceu documentos como o Plano Municipal de Saúde (SGRA, 2007) e o Plano Diretor (SGRA, 2005). A partir desses documentos foram extraídos muitos dados básicos referentes a recursos municipais, aspectos econômicos e sociais.

O questionário destinado aos agentes da Defesa Civil foi aplicado junto à Coordenação Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais, uma vez que o município não conta com Defesa Civil própria.

O estudo da situação do vale para o qual se pretende preparar um plano de emergência permite identificar as zonas que deverão ser priorizadas no desenvolvimento e implementação de planos de emergência, prevendo a implantação de sistemas de aviso à população e a sua preparação, tendo em vista as ações da defesa civil e o auto salvamento.

Os mapas de inundação desenvolvidos para o PEB, as imagens aéreas e os mapas urbanos foram utilizados para estimar o número de pessoas e edifícios potencialmente atingidos pela inundação. Foram definidos os pontos de encontro imediato nos quais a população deverá se reunir em caso de um acidente, os locais que servirão de abrigo e de serviços e as rotas de fuga. Foram ainda utilizadas fotos fornecidas pela prefeitura tiradas de vôos com helicóptero para melhor representar os locais indicados nas imagens georreferenciadas.

Os métodos propostos para a avaliação e mitigação do risco e resposta a emergências nas barragens e no vale a jusante e que fazem parte de um Plano de Atendimento a Emergências serão abordados de forma mais detalhada nos próximos capítulos.

Como o PEE é de responsabilidade das autoridades públicas e deve contar com meios e recursos das respectivas administrações públicas (municipal, estadual e federal), a presente dissertação propõe um esboço com as diretrizes básicas para elaboração do plano externo pela defesa civil municipal quando esta estiver organizada.

## **6 ESTUDO DE CASO – BARRAGEM DE PETI E VALE DO RIO SANTA BÁRBARA**

O município de São Gonçalo do Rio Abaixo está localizado na região leste do estado de Minas Gerais, microrregião do Médio Piracicaba, numa área de 365,78 km<sup>2</sup>. Tem como principais vias de acesso a rodovia BR 262/381, sendo servido também pelas rodovias MG 129, MG 434 e MG 436. Limita-se com João Monlevade, Itabira, Barão de Cocais, Bom Jesus do Amparo e Santa Bárbara.

A usina hidrelétrica de Peti está localizada na bacia do rio Santa Bárbara, no município de São Gonçalo do Rio Abaixo – Minas Gerais. Esse aproveitamento localiza-se na latitude 19°34' sul e longitude 43°21' oeste, a 95 km da cidade de Belo Horizonte. A principal via de acesso é a rodovia BR-262. No anexo E (Figura E2), é possível visualizar um mapa com a localização da usina no vale do rio Santa Bárbara.

A atual usina é a segunda construída no local, tendo sido precedida por uma de menor porte. A primeira usina do Peti foi construída para atender na época a Mineração de Ouro São Bento, empresa inglesa sediada no Canadá, por volta do ano 1900. A finalidade era fornecer energia elétrica para as minas instaladas no rio Santa Bárbara, próximo ao Caraça; em seguida, passou a fornecer energia também para as localidades de Santa Bárbara, São Bento (mais tarde passou a se chamar Barra Feliz), Morro Grande (mais tarde Barão de Cocais) e depois São Gonçalo do Rio Abaixo.

Posteriormente, as instalações foram incorporadas pelo Departamento de Eletricidade do estado de Minas Gerais e vendida à Companhia Força e Luz de Minas Gerais (CFLMG), em 1929. A CFLMG operou essa usina até 1956, quando foi desativada a última máquina. O projeto do novo aproveitamento foi iniciado em 1941. A empresa norte americana Ebasco Services Incorporated foi contratada para desenvolver o projeto básico proposto, dando início à construção da nova usina em 1943. As obras foram concluídas em 1946.

Os serviços de geração e distribuição da energia provenientes da usina de Peti tiveram a concessão da CFLMG desde sua inauguração até julho de 1973, quando foram encampados pela Cemig, que vem operando o sistema até os dias atuais.

## 6.1 Descrição do aproveitamento hidrelétrico de Peti

O aproveitamento hidrelétrico de Peti consta de uma barragem de concreto em arco simples, apoiada em suas extremidades em rocha (Figura 6.1). A crista da barragem está na elevação altimétrica 713,86 m, a altura máxima da estrutura é de 40 metros e o comprimento da crista é de 85 metros. O arranjo geral da área industrial da usina pode ser visto na Figura E3 do ANEXO E.

A constituição geológica da garganta no rio onde foi construída a barragem permitiu que se implantasse aí uma estrutura em arco, apoiada em suas extremidades em rocha (granito-gnáissica maciça). Trata-se de um arco, em concreto simples, com o raio básico de 35,10 m, apresentando dimensões de 6,70 m de espessura na base e 3,10 metros de espessura no coroamento.



**Figura 6.1** - Vista da barragem de Peti

O controle do N.A. do reservatório é realizado através de seis comportas do tipo “vagão”, com dimensões de (6,60 x 5,17 m), e capacidade máxima de descarga da ordem de 1008 m<sup>3</sup>/s. O acionamento das comportas é feito através de equipamentos eletromecânicos para cada uma. Outro dispositivo de descarga está localizado próximo à ombreira direita. Trata-se de

outra comporta com dimensões de (2,00 x 3,00 m), destinada à descarga de detritos, com vazão de 17,8 m<sup>3</sup>/s.

O volume total do reservatório na cota da crista, a partir da curva cota-volume do barramento, é de 43,58 hm<sup>3</sup>. A área de drenagem da bacia do rio Santa Bárbara que contribui para o reservatório de Peti é de 780 km<sup>2</sup>.

**Tabela 6.1** - Principais dados técnicos da usina hidrelétrica de Peti

Dado técnico	Valor
Potência	9,4 MW
Queda	78 m
Volume do reservatório	43,58 hm <sup>3</sup>
Altura da barragem	40 m
Comprimento da crista	85 m
Vertedouros (Comportas principais + de limpeza)	1025,8 m <sup>3</sup> /s (1008 m <sup>3</sup> /s + 17,8 m <sup>3</sup> /s)
Engolimento máximo pelas turbinas	16 m <sup>3</sup> /s
Área da bacia hidrográfica	780 km <sup>2</sup>
Nível máximo normal	712,12m

Cabe observar que a soleira do vertedouro está na elevação 707,00 metros, a apenas cinco metros no nível máximo normal.

Os estudos de cheias originais que serviram de base para o projeto dos extravasores não foram encontrados, porém, em 1999, foi realizado um novo estudo no qual constam três hidrogramas de Cheia Máxima Provável elaborados através de diferentes métodos com a finalidade de revisar as cheias de projeto utilizadas até então (CEMIG, 1999). Dois desses hidrogramas são associados à distribuição das chuvas segundo o método dos blocos alternados e, o terceiro, com a chuva distribuída segundo o método de Huff. O hidrograma de maior pico foi aquele obtido a partir de uma chuva calculada pela equação de Otto Pfastetter, chegando a 1043 m<sup>3</sup>/s, enquanto que o hidrograma associado à equação de chuvas intensas da Região Metropolitana de Belo Horizonte forneceu um pico de cheia de 907 m<sup>3</sup>/s. O hidrograma calculado pelo método de Huff conduziu a um pico de cheia de 929 m<sup>3</sup>/s.

### **6.1.1 Histórico de deteriorações e intervenções**

Para esta dissertação foi feita uma análise da documentação disponível na Cemig sobre a UHE PETI. Os principais documentos analisados foram o Parecer técnico sobre o comportamento das estruturas de concreto (CARVALHO, 1996); O Relatório final do inventário civil da usina hidrelétrica de Peti (CEMIG, 1986) e o Relatório técnico de inspeção das estruturas de concreto (HOLANDA, 2002). A partir dessa documentação pode-se sintetizar os principais pontos de atenção que podem ter impacto na segurança da barragem e que serão apresentados a seguir.

#### Fratura na ombreira esquerda

Uma diáclase normal à barragem, localizada logo a jusante da mesma foi investigada em 1973 por sondagens rotativas e houve a instalação de três furos de alívio de pressão. Foram realizados vários testes de pressão e verificou-se considerável perda de carga entre o reservatório e a diáclase. Atualmente, os furos encontram-se colmatados e está prevista a sua desobstrução para que sejam realizados novos ensaios. Quando isso for feito, será possível avaliar a sua evolução e a necessidade de intervir no local.

#### Fissuração da estrutura de concreto

O maciço da barragem apresenta-se bastante fissurado, em toda a sua extensão, mas, principalmente, no bloco de apoio da ombreira esquerda. O registro das primeiras fissuras é de 1963, mas é possível que tenham surgido anteriormente a essa data. Essas fissuras foram inicialmente observadas nos blocos de apoio da barragem, na região das ombreiras, nos pilares do vertedouro, nos muros de ala e na extremidade esquerda do arco.

Uma hipótese para justificar essa fissuração seria a ocorrência de reatividade álcali-agregado (RAA). Na tentativa de conter a expansão provocada pela RAA, foram realizados furos de drenagem na ombreira esquerda, as trincas foram tratadas e o paramento de montante foi impermeabilizado com uma camada de emulsão asfáltica.

Outra possível causa do início do fissuramento está relacionada a um sismo que ocorreu na região da usina em 04/10/1948. Esse evento, associado à rocha de excelente qualidade da fundação, que impede a deformação livre do concreto, pode ter contribuído para a formação das fissuras (HOLANDA, 2002).

Na década de 70, a Cemig contratou vários estudos para avaliar o comportamento das estruturas de concreto da UHE Peti. O consenso geral na época foi de que o concreto estaria sofrendo um processo de expansão com o tempo, não se conseguindo caracterizar bem as causas. A causa do processo de expansão do concreto não foi atribuída ao fenômeno da Reação Álcali-Agregado (RAA) visto que nessa época o mesmo não era conhecido.

Com melhor conhecimento da RAA, nas décadas seguintes, foi constatado que ela é uma das causas principais das fissuras observadas na barragem de Peti. Essa reação ocorre entre certos agregados e álcalis no cimento, levando à formação de gel que absorve água e expande, provocando aumento de tensão, fissuração do concreto e deformações estruturais. São necessários três componentes básicos para a ocorrência da RAA: presença de componentes reativos nos agregados, concentração suficiente de álcali e umidade no concreto.

Segundo Andriolo (1997), os principais sintomas apresentados por estruturas com RAA são:

- Fissuras tipo “mapa” no concreto na superfície ou microfissuração próxima aos agregados;
- Descolamento da argamassa junto à superfície dos agregados;
- Ocorrência de bordas de reação ao redor dos agregados que reagiram com os álcalis;
- Presença de gel exsudando ou preenchendo vazios no concreto;
- Movimentação de juntas de contração;
- Travamento e/ou deslocamento de equipamentos e peças móveis;
- Abertura de juntas de construção, com fissuras horizontais ou sub-horizontais;
- Trincas de grande abertura;
- Fissuras de tipologia estrutural em regiões de concentração de deformações; e
- Aumento de volume da barragem provocando alteamento de cristas, soleiras de vertedouros e deslocamentos para montante ou para jusante.

Como possíveis conseqüências da RAA, sabe-se que: a fissuração pode levar à penetração de água e perda de estanqueidade. A microfissuração, junto à superfície dos agregados e a perda de aderência, pode resultar em perda de resistência e redução do Módulo de Elasticidade do concreto (CBDB, 1999). O eventual travamento de comportas provocado pelo aumento do

volume das estruturas pode ser um problema sério, pois reduz a capacidade de controle de vazões, possibilitando o galgamento da barragem e acréscimo de esforços não previstos no projeto.

Charlwood and Solymar (1995) *apud* FERC(1999) apresentaram 104 casos de RAA em estruturas hidráulicas, dos quais 32 foram em barragens de concreto em arco (listadas no ANEXO C). O trabalho indica que um grande número de barragens sujeitas à RAA continuou funcionando adequadamente por muitos anos e, alguns casos, indica que a expansão do concreto cessou, ou que, em situações extremas, que as barragens tiveram que ser reconstruídas.

No caso de Peti, as inspeções visuais, aliadas à instrumentação instalada na barragem, permitiram identificar diversos fatores que levaram à conclusão da presença de RAA, como fissuras em padrão tipo “Mapa”, alteamento da crista e deslocamento da crista para montante. Da análise de ensaios petrográficos realizados pela ABCP, com testemunhos extraídos do maciço em 1974 e em 2001, Holanda (2002) concluiu que a ocorrência da RAA é inquestionável, dadas as evidências presentes: bordas de reação; microfissurações; gel disperso pela pasta de cimento definindo bordas em torno dos agregados; grãos de quartzo deformados; e ocorrência de gel e compostos cristalizados com composição sílico-cálcico-potássica.

Visando controlar e monitorar a RAA, em 1984 e 1996 foram realizadas novas operações de impermeabilização para o paramento de montante. Em 1997, foram instalados dois extensômetros de hastes múltiplas, quatro medidores triortogonais de juntas e quatro marcos superficiais de deslocamento. O seu posicionamento pode ser visto na Figura E1 no anexo E. O objetivo foi observar as taxas de expansão e evolução do concreto em regiões típicas, verificar a possibilidade de estabilidade da reação em parte da estrutura, observar a movimentação de juntas entre arco e blocos de apoio, o alteamento e a deflexão da crista para montante, avaliar a eficiência da impermeabilização montante na atenuação da reação e o desempenho da estrutura durante testes de carregamento hidrostático.

Para o monitoramento da resistência à compressão do concreto, foram realizados ensaios em corpos de prova extraídos da barragem, que indicaram os valores globais (usando corpos de prova do muro esquerdo e da barragem) de resistência são apresentados na Tabela 6.2 (CEMIG, 2003a):

**Tabela 6.2 – Resistência do concreto medida em diferentes anos**

Ano	Laboratório	$f_{ckest}$
1974	ABCP	30,91 Mpa
1997	Cemig	16,76 Mpa
2001	Furnas	17,96 Mpa
	Cemig	18,92 MPa

Em 2003, foi realizada uma atualização da análise de estabilidade da barragem (CEMIG, 2003b), foram considerados dois casos de carregamentos, com reservatório nas elevações 712,56m e 712,12m, e parâmetros do concreto obtidos a partir de ensaios de resistência com corpos de prova extraídos da barragem. A conclusão foi de que, para os dois casos analisados, através do cálculo do “Índice de Segurança Local do Concreto” e do “Critério de Hoek & Brown”, o valor mínimo encontrado para o coeficiente de segurança de um elemento foi de 1,17, sendo que, em média, esses valores mínimos foram da ordem de 1,76. De maneira geral, os coeficientes de segurança obtidos foram acima de 3,0.

Ensaio realizado em 2004 com a finalidade de se saber qual é a capacidade potencial de reação que ainda existe no maciço, embora não muito conclusivos, permitiram saber que existe pequena concentração de álcali solúvel e que o agregado é reativo.

Atualmente, está sendo avaliada a necessidade de se tomar ações para evitar ou inibir a evolução da RAA na barragem de Peti. Está prevista uma segunda análise de estabilidade das estruturas para confirmar os resultados obtidos anteriormente.

#### Falha no funcionamento das comportas

Em março de 2002 foram detectados problemas na operação das comportas do vertedouro, quando, ao serem acionadas para controle do nível do reservatório, elas emperraram na posição aberta. A primeira suposição da equipe de manutenção civil foi de que a expansão do concreto provocada pela RAA tinha comprimido os dispositivos e comprometido a sua funcionalidade, como é comum em outras barragens afetadas pela reação.

Na investigação conjunta realizada pelas equipes de manutenção mecânica e civil concluiu-se que o problema era no próprio equipamento, nas borrachas de vedação e nos rolamentos, principalmente tendo em vista o fato de que a dificuldade de operação se dava somente

quando as comportas estavam pressionadas pela água. Promoveu-se então a manutenção das comportas e atualmente encontram-se todas operacionais.

### **6.1.2 Segurança de barragens e manutenção civil na Cemig**

A Cemig possui uma gerência de segurança de barragens responsável por realizar as funções de monitoramento, auscultação e manutenção das suas barragens. A gerência segue um Programa de Segurança de Barragens que foi apresentado à agência regulamentadora do setor elétrico – ANEEL.

Os serviços são executados seguindo procedimentos operacionais (PO) desenvolvidos dentro da ótica do Sistema Integrado de Gestão da Qualidade. São realizadas inspeções visuais periódicas anuais e rotinas mensais com pessoal próprio, além da contratação de auditorias externas através de consultores especialistas nas estruturas sob estudo.

As equipes são responsáveis pela elaboração de relatórios técnicos de avaliação do comportamento das estruturas, compostos por dados observados no campo, associados às análises dos dados coletados da instrumentação de auscultação.

A Cemig conta com um sistema informatizado chamado INSPETOR, que gerencia o banco de dados com as informações necessárias às etapas do processo de segurança de barragens (BALBI, FUSARO e AGUIAR, 2003).

A barragem possui, atualmente, instrumentos focados em monitorar as grandezas relacionadas a deformações e deslocamentos horizontais e verticais. A instrumentação é composta de:

- dois extensômetros de hastes múltiplas (três hastes cada);
- quatro marcos medidores de deslocamentos superficiais; e
- três medidores triortogonais de juntas.

Todos os problemas detectados são estudados e classificados segundo método de análise de risco desenvolvido internamente (FUSARO, 2003) e é feita a previsão de seu reparo conforme urgência e gravidade.

## **6.2 Caracterização da área a jusante**

A área a jusante da UHE Peti, delimitada para este estudo, está compreendida entre o barramento e a área urbana do município de Nova Era. Esse trecho compreende uma extensão média de 79,6 km, como pode ser visto na Figura E2 do Anexo E.

O rio Santa Bárbara, nos primeiros quilômetros a jusante da barragem de Peti, apresenta declividades elevadas, passando por um trecho de cerca de 4 km com margens encaixadas e sem a presença pronunciada de zonas de inundação. Nesse trecho, estão localizadas a subestação, a casa de força da usina, a estação ecológica de Peti e uma comunidade rural chamada Várzea da Lua (Figura 6.2).

Após esse trecho, a calha fluvial se alarga com a presença de planícies de inundação na margem direita. A margem esquerda apresenta vegetação bem desenvolvida, enquanto a margem direita apresenta uma alternância de mata rasteira e vegetação densa.

Cerca de 9 km a jusante, o rio Santa Bárbara cruza a ponte da BR 381 e entra na área urbana do município de São Gonçalo do Rio Abaixo, mostrada na Figura 6.3. Após essa área, o rio apresenta-se com muitos meandros e passa por regiões com margens bem encaixadas.

Após a cidade de João Monlevade, o rio Santa Bárbara deságua no rio Piracicaba, que está localizado a aproximadamente 50 km a jusante de Peti. Após o encontro com o rio Piracicaba, o curso d'água apresenta, em uma extensão média de 5 km, zonas de inundação consideráveis na margem esquerda. A margem direita apresenta-se mais encaixada e é caracterizada por vegetação densa.

A 65 km da barragem, encontra-se novamente a BR 381. Após esse trecho, o curso d'água principal volta a percorrer um trecho com áreas marginais de armazenamento. A 4 km a jusante do cruzamento com a BR 381, o rio Piracicaba entra na cidade de Nova Era, onde o curso d'água possui uma calha fluvial mais larga, com planícies de inundação preenchidas por vegetação rasteira e ocupação urbana. O final do trecho delimitado para o estudo de propagação fica cerca de 10 km a jusante da área urbana de Nova Era. Nesse ponto, a BR 381 margeia o rio Piracicaba em cotas bem superiores.

O foco do estudo será o município de São Gonçalo do Rio Abaixo, constando para efeito do PEB apenas a indicação do planejamento de comunicação com o município de Nova Era.



**Figura 6.2** – Vista aérea da comunidade de Várzea da Lua



**Figura 6.3** – Vista aérea da área urbana do município de São Gonçalo do Rio Abaixo

### **6.2.1 Aproveitamentos hidrelétricos no vale do rio Santa Bárbara**

A aproximadamente 30 km a jusante da UHE Peti, está prevista a construção da PCH São Gonçalo (antiga PCH Santa Bárbara), cujo empreendedor é a Centrais Elétricas da Mantiqueira S.A. Esta barragem ficará a jusante da área urbana de São Gonçalo, e o remanso de seu reservatório iniciará a algumas centenas de metros desse centro urbano.

A PCH São Gonçalo não foi considerada no estudo por não se saber ainda quando será a sua implantação. Segundo o projeto executivo, o barramento terá altura máxima de 22,50 metros e comprimento total de 130 metros. A potência instalada será de 13 MW. O nível d'água máximo normal estará situado na cota 624,5 metros, com área de inundação de 149,50 ha e volume total de 3,92 hm<sup>3</sup>.

O barramento será do tipo concreto compactado com rolo (CCR) e será constituído por duas barragens, uma em cada ombreira, interligadas por um vertedouro, também em CCR. O vertedouro funcionará como crista livre na cota 624,50 metros.

### **6.2.2 As inundações e as ações emergenciais em São Gonçalo do Rio Abaixo**

A população de São Gonçalo do Rio Abaixo, de acordo com dados do IBGE de 2005, era de 8.555 habitantes e sua distribuição por sexo era 49% de população masculina e 51% de população feminina (SGRA, 2007).

O município possui um Plano Diretor que estabelece e institui os processos de desenvolvimento em uma perspectiva de longo prazo. Por esse plano, a previsão é de que a população chegue a 25.000 habitantes em 20 anos, ou seja, aproximadamente 3 vezes a atual.

Os principais desastres registrados no município estão relacionados a inundações, das quais se destacaram a de 1979 e a de 1997. Em 2004, houve um acidente rodoviário com derramamento de produto químico que atingiu o rio. Nessa ocasião, a deficiência na proteção contra acidentes ficou evidente e a Defesa Civil Estadual atuou no sentido de tentar organizar a Defesa Civil Municipal, da mesma forma em que é feito em outras cidades. Esse processo ainda está em andamento, mas o COMDEC ainda não foi instituído e a sua coordenação ainda não foi determinada pela administração pública.

Não foram relatadas grandes inundações que afetassem a cidade antes da década 70. Até a cheia de 1979, a população e a Cemig desconheciam esse tipo de situação na cidade e a culpa

da enchente foi atribuída à UHE Peti. Na época, os responsáveis pela operação da usina pensaram na possibilidade do rio Una, cuja bacia tem uma área de drenagem de 340 km<sup>2</sup>, ter provocado o remanso do Santa Bárbara e a conseqüente inundação da planície, mas não foram empreendidos estudos para confirmar essa hipótese.

Naquela ocasião, existiam poucas casas próximas ao rio, já que o povo respeitava mais as margens, justamente pelo receio das inundações. Dessa forma, o número de pessoas vivendo em áreas de risco era pequeno e não houve ações coordenadas de emergência. O pequeno número de pessoas desabrigadas buscaram refúgio na casa de amigos e parentes. Muitas das casas danificadas eram de adobe e ruíram após a enchente, sendo posteriormente reconstruídas de alvenaria.

Após a cheia de 79 a Cemig passou a operar o reservatório de Peti com volume de espera para colaborar com a prevenção de inundações a jusante. A operação da usina passou a correlacionar as variações no nível do rio na área urbana com as descargas pelo vertedouro. Isso foi feito com o auxílio de funcionários que moravam na cidade, permitindo um melhor controle da vazão propagada (otimizando a operação das comportas) pela barragem de forma a evitar maiores danos. Esses funcionários ainda atuaram como instrumento de aviso à delegacia municipal quando necessário.

Com o melhor controle das cheias, o crescimento populacional e a deficiência na fiscalização do uso e ocupação do solo, novas moradias foram construídas bem próximas ao rio, em áreas já atingidas por cheias naturais. Essa ocupação desordenada fez com que a cheia de 1997 atingisse um maior número de pessoas.

Na década de 90, segundo os relatos, a população estava mais consciente das inundações e dos danos que elas poderiam provocar, embora isso não refletisse na evolução imobiliária ao longo das margens, que viu as planícies de inundação serem cada vez mais ocupadas. Quando o nível d'água do reservatório de Peti começou a subir em 1997, e as previsões indicavam grandes volumes de precipitação, a Cemig e as autoridades começaram a alertar a população. Esses avisos de elevação do nível d'água foram recebidos satisfatoriamente e muitas pessoas procederam à evacuação e deslocaram seus bens para locais mais seguros. Em paralelo, a operação de Peti mantinha alguns funcionários informados na cidade e tentava conter a cheia ao máximo, dando tempo aos moradores para que procedessem à evacuação. Antigos funcionários da operação da usina citaram que se armazenou o máximo durante o período

noturno, liberando a vazão durante o dia. Os avisos eram feitos porta a porta e através dos alto-falantes da igreja matriz.

As cheias de 1979 e 1997 isolaram a cidade, pois inundaram os principais acessos à rodovia que a corta. Houve dificuldade de recebimento de auxílio e saída de pessoas. Em ambas cheias citadas não houve menção a mortos e não foi feito um levantamento do número de pessoas atingidas, nem do tempo de recuperação das áreas afetadas.

Em um estudo realizado pela Centrais Elétricas Mantiqueira para o reservatório da PCH São Gonçalo (CEM, 2001) as vazões médias diárias dos postos fluviométricos de Carrapatos e Rio Piracicaba foram correlacionados com a área de drenagem em Santa Bárbara (1.300 km<sup>2</sup>) e estimou os picos das cheias de 1979 e 1997. As vazões correspondem, aproximadamente, a 578 m<sup>3</sup>/s e 625 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, no local da futura barragem da PCH São Gonçalo.

Embora o pico da cheia de 1997 seja superior, no local da barragem, o efeito sobre os níveis d'água na cidade foram maiores na cheia de 1979. Esse fato pode ter ocorrido em função da defasagem entre os picos de cheia na cabeceira do rio Una e no rio Santa Bárbara. O escoamento das ondas de cheia são defasados no tempo e as vazões do rio Una, com altas velocidades de escoamento, vão encontrar o rio Santa Bárbara com níveis baixos, provocando algum remanso para montante da confluência, atingindo as áreas ribeirinhas mais baixas de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Ainda CEM (2001), verificou-se nos estudos de remanso que, no rio Santa Bárbara, 200 metros a jusante da confluência com o Una, existe um estrangulamento na calha do rio que influencia os níveis d'água para montante.

Conforme informação da comunidade local, quando o rio Una sofre um acréscimo em suas vazões médias - elevação de 1m na ponte sobre o rio Una - ocorre um remanso no rio Santa Bárbara, provocando pequenas inundações em algumas partes da cidade.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 *Elaboração do Plano de Emergência da Barragem de Peti*

#### 7.1.1 **Determinação dos cenários de ruptura – Passo 1**

A determinação dos cenários de ruptura e das cheias induzidas foi escopo de um projeto desenvolvido pela Cemig GT intitulado “Simulação de onda de cheia causada pela ruptura hipotética da barragem de Peti” (CEMIG, 2007b). Na ocasião desse estudo, os hidrogramas relativos à CMP não estavam disponíveis, tendo-se optado por realizar a simulação da onda de ruptura prevendo apenas cenários em dia sem chuva.

De acordo com o histórico de deteriorações da barragem, percebeu-se que os principais cenários de ruptura estão ligados ao quadro generalizado de fissuras nos paramentos de montante e jusante da estrutura em arco, devido à reação álcali-agregado existente.

#### Formação da brecha

Com base na Tabela 5.8 e considerado que a barragem de Peti é do tipo arco-gravidade, a forma da brecha foi a “completa”, igual à parede do vale. O tempo de ruptura foi inicialmente considerado como sendo instantâneo, entre 0,1 e 0,3 horas (6 a 20 minutos). Posteriormente optou-se por um tempo de ruptura maior, igual a 30 minutos.

#### Cálculo da onda de ruptura

A partir da Tabela 5.9, os valores representativos de vazão de pico defluente da brecha formada obtidos são apresentados na Tabela 7.1.

**Tabela 7.1** – Vazões de pico obtidas pelas formulações empíricas

<b>Autor</b>	<b>Vazão de Pico</b>
<b>Lou</b>	8373 m <sup>3</sup> /s
<b>Hagen</b>	32476 m <sup>3</sup> /s
<b>Saint-Venant</b>	2349 m <sup>3</sup> /s
<b>Schoklistch</b>	1965 m <sup>3</sup> /s
<b>Bureau of Reclamation</b>	16769 m <sup>3</sup> /s
<b>Vertedouro de Soleira Espessa</b>	15651 m <sup>3</sup> /s
<b>Wetmore e Fread</b>	11274 m <sup>3</sup> /s

Para a escolha da vazão foram descartados os valores extremos, inferiores e superiores, e optou-se por trabalhar apenas com os valores intermediários, 8.000 e 16.000 m<sup>3</sup>/s.

#### Determinação do hidrograma de ruptura

CEMIG (2007b) adotou dois cenários de ruptura em dia sem chuva (dia seco), considerando o colapso total da barragem e o hidrograma com decaimento parabólico:

- Cenário 1 - Ruptura em dia seco (20 minutos para colapso total da barragem)
  - Hidrograma parabólico de ruptura
  - Vazão de pico de 16.000 m<sup>3</sup>/s
  - Tempo de ruptura de 0,33 hora (20 minutos)
- Cenário 2 - Ruptura em dia seco (30 minutos para colapso total da barragem)
  - Hidrograma parabólico de ruptura
  - Vazão de pico de 8.000 m<sup>3</sup>/s
  - Tempo de ruptura de 0,50 hora (30 minutos)

Como as vazões de pico da ruptura e as vazões de projeto do vertedouro são de ordens de grandeza muito distintas, optou-se por não considerar um cenário de ruptura associada a um evento natural. Na ocasião dos estudos de ruptura realizados em 2007, não estavam disponíveis os hidrogramas da cheia de projeto ou da inundação de 1997 e seria necessário realizar um estudo hidrológico considerando os demais afluentes de jusante. As informações obtidas no local indicam que os afluentes ao rio Santa Bárbara a jusante da área urbana de São Gonçalo têm influência significativa nas inundações na região. O município pode sofrer inundações mesmo quando as vazões propagadas por Peti estão dentro da faixa de restrição estabelecida.

A propagação da onda de ruptura ao longo do rio Santa Bárbara foi realizada com o emprego do modelo FLDWAV, desenvolvido pelo *National Weather Service*, em função de sua conhecida robustez e por ser de livre domínio. Foram utilizadas doze seções transversais levantadas ao longo do rio a partir de levantamento topográfico realizado no mês de agosto de 2006 e seções transversais levantadas em janeiro de 2002 para as Centrais Elétricas da Mantiqueira (CEM, 2002). Na ocasião dos estudos de propagação o Modelo Digital do

Terreno da região ainda não estava disponível. A Tabela 7.2 apresenta o resultado da propagação da onda de ruptura para o cenário 1.

**Tabela 7.2** – Resultados da propagação da onda de ruptura – Cenário 1 (CEMIG, 2007b)

Número da seção transversal	Localização da seção [km]	Tempo para a cota máxima [h]	Cota máxima [m]
SB-01	1,329	0,25	654,58
SB-02	4,590	0,65	650,95
SB-03	10,687	1,04	642,96
SB-04	12,804	1,04	635,65
S-20 (CEM)	13,309	1,04	634,69
S-18 (CEM)	15,447	1,04	631,44
SB-05	35,227	2,98	589,20
SB-06	53,572	4,78	534,36
SB-07	53,994	4,80	534,15
SB-08	59,584	5,20	529,61
SB-09	66,794	5,63	524,17
SB-10	69,584	5,78	521,12
SB-11	79,689	6,66	508,32

### 7.1.2 Mapeamento de áreas inundadas – Passo 2

Com os dados obtidos no modelo hidráulico, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento para gerar os mapas com as manchas de inundação associadas à cartografia da região para cada cenário. Ao invés de usar a cartografia fornecida pelo IBGE, foram adquiridas pela CEMIG as imagens aéreas de todo o trecho do vale a jusante e o respectivo Modelo Digital de Terreno (MDT). Após a obtenção do MDT, dos dados da simulação e seleção do software de geoprocessamento a ser utilizado, seguiu-se a etapa de confecção dos mapas. Esses deveriam indicar de forma simples e numa escala adequada, o grau de perigo e o risco que a cheia oferece às comunidades a jusante dentro da zona de inundação.

O mapeamento foi executado utilizando-se os softwares de geoprocessamento ARCGIS, módulo ArcView, da ESRI. Com a imagem aérea ortoretificada e o Modelo Digital do Terreno ao fundo, os planos de inundação foram criados a partir da interpolação das seções topobatimétricas com as informações de cotas máximas de inundação e de velocidades provenientes da modelagem hidráulica.

Dada a pequena diferença entre as manchas de inundação dos dois cenários simulados, optou-se, para esta dissertação, por adotar apenas o cenário 1 nos planos de emergência. Para esse cenário, a mancha de inundação é ligeiramente maior e os tempos de chegada do pico da cheia são menores, justificando sua escolha.

Sendo assim, a mancha foi representada considerando a envoltória máxima de inundação, com transparência de 50%. Foram desenhadas manchas de inundação para o cenário de inundação proposto, considerando dois mapas: o de profundidade máxima da inundação e o risco hidrodinâmico ( $H \times V$ ). Essas características foram classificadas em função da ameaça potencial à vida humana e são definidas nas Tabelas 7.3 e 7.4.

Deve-se notar que, para a inundação dinâmica, foram consideradas classes distintas para edificações. Como em alguns casos existe a possibilidade de evacuação vertical, na qual as pessoas buscam pavimentos superiores das edificações, essa classificação pode ser útil na estimativa de vítimas em áreas urbanas. Para efeitos de planejamento de evacuação por parte da defesa civil, optou-se por considerar que valores de inundação dinâmica acima de  $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$  já representam um alto risco para pessoas.

**Tabela 7.3** - Níveis de perigo para seres humanos adotado baseado na profundidade

Nível	Classe	Inundação estática (H)
Reduzido	Azul claro	$H < 1 \text{ m}$
Médio		$1 \text{ m} < H < 3 \text{ m}$
Importante		$3 \text{ m} < H < 6 \text{ m}$
Muito importante	Azul escuro	$H > 6 \text{ m}$

**Tabela 7.4** – Níveis de perigo adotado baseado no risco hidrodinâmico

Nível de perigo	Classe	Inundação dinâmica ( $H \times V$ )
Reduzido	<b>Verde</b>	$H \times V < 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$
Alto para pessoas	<b>Amarelo</b>	$0,5 \text{ m}^2/\text{s} < H \times V < 1 \text{ m}^2/\text{s}$
Alto para pessoas e médio para edificações	<b>Laranja</b>	$1 \text{ m}^2/\text{s} < H \times V < 5 \text{ m}^2/\text{s}$
Alto para pessoas e para edificações	<b>Vermelha</b>	$H \times V > 5 \text{ m}^2/\text{s}$

Em ambos mapas, cada seção relevante foi identificada com um quadro com dados da sua distância até a barragem, os tempos de chegada da frente de onda e do pico, as elevações esperadas dos picos das ondas, as vazões de pico e a duração da inundação. Foram consideradas como seções relevantes aquelas próximas a locais povoados ou com algum interesse particular, como uma ponte, por exemplo.

### **7.1.3 Eventos iniciadores de ações de emergência, ações e responsáveis – Passo 3**

Os eventos que podem elevar os níveis de segurança variam para cada estrutura. Sendo assim, como Peti é uma barragem de concreto em arco, foram considerados apenas eventos relativos a barragens de concreto no geral. Os eventos foram retirados da bibliografia relacionada à segurança de barragens.

#### **Detecção**

Para a detecção de situações anormais que coloquem em risco a segurança, a Gerência de Segurança de Barragens da Cemig GT executa anualmente, no mínimo, quatro inspeções visuais periódicas na barragem de Peti. Três denominadas “rotineiras” e uma “periódica”. A inspeção periódica é executada por engenheiros, gera um relatório detalhado de avaliação do comportamento das estruturas civis, com diagnóstico, programação de reparos necessários e análise da instrumentação. As inspeções rotineiras são realizadas por técnicos de obras civis utilizando-se um guia de inspeção dotado de “check-list” com os pontos a serem monitorados e possíveis deteriorações a serem detectadas.

Complementarmente, a cada seis anos é contratada uma equipe multidisciplinar de consultores, composta por especialistas em concreto, geotecnia e hidráulica, para uma avaliação independente da condição de segurança das estruturas do barramento, conforme preconizado pelas principais legislações internacionais.

A UHE Peti possui equipe própria de operação que constantemente visita a barragem, efetua leitura da instrumentação e auxilia na detecção de problemas durante o período entre as inspeções periódicas. Quando é detectada uma situação anormal, ou está prevista uma operação especial das estruturas (rebaixamento do reservatório, por exemplo), esses funcionários entram em contato com a Gerência de Segurança de Barragens. Nesses casos, esta se dirige ao local para as chamadas inspeções de emergência ou para as inspeções especiais.

## **Avaliação de ocorrências e definição dos níveis de segurança**

Para o presente trabalho foi adotada a classificação em 4 níveis de segurança. O primeiro nível funciona como referência, não constituindo estado de alerta e, sim, a atenção necessária rotineiramente. O segundo nível corresponde a um cenário de alerta e de prevenção mais rigorosa, cabendo ao Diretor do Plano a decisão de alertar ou não as comunidades e autoridades a jusante, dependendo da evolução da situação. Os dois últimos níveis envolveriam, obrigatoriamente, processos de notificação e comunicação com envolvidos no vale a jusante e tomada de ações mais diretas de resposta a emergências, com possível evacuação. As principais características dos níveis adotados são apresentadas a seguir:

- Nível 0 ou Normal (Verde) – Corresponde ao plano de segurança que engloba monitoramento rotineiro e ações corretivas de deteriorações que não comprometem a segurança da barragem. Ou seja, deteriorações ou eventos que comprometem aspectos de conservação do patrimônio ou que oferecerão perigo apenas se evoluírem, ou ainda que afetam a segurança indiretamente, como é o caso de um instrumento defeituoso ou que não está sendo lido devido à ausência de acessos. Neste nível, as previsões meteorológicas não indicam condições adversas e a instrumentação de auscultação apresenta dados dentro dos limites estabelecidos como normais.
- Nível 1 ou de Atenção (Amarelo) – Corresponde à detecção de situações ou eventos que afetam a segurança do barramento em menor grau ou significativamente. A instrumentação indica algum valor não esperado do comportamento da barragem, sem contudo ter atingido seu limite de segurança. Obriga a um estado de prontidão na barragem para o qual serão necessárias as medidas preventivas e corretivas previstas e os recursos disponíveis para evitar um acidente. O fluxo de notificações é apenas interno, a menos que sejam necessárias descargas preventivas ou o rebaixamento do reservatório. Nestes casos serão acionados os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PEB. É conveniente testar os sistemas de comunicação neste momento.
- Nível 2 ou de Alerta (Laranja) – Corresponde a um cenário excepcional e de alerta geral, pois foram detectados eventos ou situações que afetam gravemente a segurança do barramento. A probabilidade de ruptura é alta mas espera-se que seja possível agir de alguma forma a fim de evitá-la ou que seja possível reduzir a onda a jusante. A probabilidade de uma catástrofe é grande, mas talvez possa ser evitada. A exploração do reservatório deverá ser interrompida. Existe o perigo de propagação de cheias de maior porte, ruptura ou acidente grave e pode não ser possível um controle através das medidas e meios disponíveis. A

segurança do vale a jusante está gravemente ameaçada e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação previstos no PEB, cabendo aos responsáveis pelas comunidades a jusante avaliar a necessidade de evacuação.

- Nível 3 ou de Emergência (Vermelho) – Corresponde a uma situação de catástrofe inevitável, a ruptura é iminente, inevitável, já iniciou ou já ocorreu. Aqui também a segurança do vale a jusante está gravemente ameaçada e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação previstos no PEB e as ações emergenciais previstas no PEE das comunidades a jusante.

Optou-se, ainda, pela utilização de cores e números associados a cada nível de forma a evitar alguma possível confusão com o significado das cores, seja de entendimento, seja devida à forma como as notificações são feitas (preto e branco em fax, por exemplo).

É recomendável que seja instalado pelo menos um sensor que permita detectar a ruptura da barragem. Os dados medidos devem ser enviados em intervalos de até trinta segundos para o banco de dados de instrumentação do responsável pela segurança estrutural da barragem e, caso ultrapasse valores limites, devem ser enviadas mensagens para celulares pré-cadastrados. Dentre os sensores possíveis pode-se optar por:

- Medidor de nível d'água de montante;
- Detectores de cheias a jusante;
- Sismômetros no corpo da barragem; e
- Câmeras de vigilância para monitoramento da barragem.

### **Ações pré-planejadas**

As ações são planejadas em função dos níveis de alerta. Quando ocorrer um evento cuja probabilidade de acidente seja desprezível deve-se seguir os procedimentos normais de monitoramento e as ações corretivas e preventivas disponíveis nas instruções técnicas relativas à manutenção da barragem.

Quando existe a expectativa de acidente, ainda que baixa, deve-se começar a avaliar os possíveis cenários para os quais a situação poderá evoluir. Deve-se intensificar o monitoramento através da instrumentação, acompanhar a evolução das vazões afluentes e das condições climáticas. Pode ser necessário envolver empreiteiras para reparar o problema ou consultores para melhor avaliação do caso. O Coordenador Executivo do plano deverá estar

preparado para solicitar o rebaixamento do reservatório preventivamente, mesmo que isso implique perda de geração.

Caso o cenário evolua de forma que a probabilidade de acidente se torne elevada ou iminente, novas medidas corretivas podem ser pouco eficientes para corrigir o problema. Deve-se avaliar os resultados obtidos com as ações iniciadas no nível anterior e qual é a eficiência no rebaixamento do reservatório. Paralelamente, são seguidos os procedimentos de comunicação previstos no plano e a evacuação pode ser necessária, devendo ser avaliada rapidamente.

Numa situação em que o acidente foi tardiamente detectado, ou quando foi detectado já iminente, poucas medidas estruturais podem ser tomadas no sentido de evitá-lo. O rebaixamento do reservatório dificilmente surtirá o efeito desejado e as ações deverão se basear, principalmente, na emissão de avisos e alertas e a evacuação deverá ser imediatamente ordenada.

## **Responsabilidades**

As responsabilidades foram definidas a partir da estrutura organizacional existente na Cemig GT. Buscou-se respeitar as atribuições que cada órgão possui na operação de forma a facilitar a ativação de uma nova estrutura durante uma situação de emergência. Como a segurança estrutural das barragens da empresa é atribuição de uma gerência, esta, em uma situação de emergência, assume a Coordenação Técnica Civil do PEB.

A operação dos reservatórios de pequenas centrais hidrelétricas é de responsabilidade de um Centro de Operação, que no caso de Peti é o Centro de Operação da Distribuição Leste (COD-LESTE). Essa atribuição é passada ao operador da usina, quando houver perda na comunicação entre a usina e o COD. Caso seja necessário, o operador da usina deverá seguir as Instruções Operativas (IOs) disponíveis na instalação. O monitoramento hidrometeorológico é de responsabilidade de uma gerência de planejamento energético, que é responsável pelo treinamento nas IOs citadas. Em casos excepcionais, essa gerência pode intervir na operação do reservatório, a partir do estabelecimento de um sistema formal de comunicação com o COD/LESTE. Essa gerência assume a função de Coordenação Técnica Hidrológica durante emergências.

Existe uma gerência responsável pela operação das usinas, a quem o operador está diretamente subordinado. Dada a quantidade de usinas que uma gerência pode controlar, usualmente, designam-se engenheiros responsáveis diretos por grupos de usinas. Propõe-se,

neste estudo, que esse engenheiro assuma a função de coordenador executivo durante emergências. Ele terá suas atribuições definidas no PEB e será responsável por conduzir as ações de resposta. As coordenações executiva e geral têm atribuições bem definidas e assumem as principais responsabilidades durante a gestão das emergências, o que é inerente às funções exercidas na empresa, de supervisão e gerenciamento da operação das usinas.

Dessa forma, o gerente de operação assumirá a função de Coordenador Geral, atuando junto ao Coordenador Executivo e junto ao Comitê Diretivo da empresa. No escalão mais alto, esse Comitê Diretivo, composto por membros da diretoria da empresa e órgãos de comunicação empresarial, deve garantir os recursos necessários para as ações de resposta, contratações emergenciais e comunicação oficial externa.

#### **7.1.4 Coordenação do desenvolvimento do PEB com outras equipes – Passo 4**

Ao iniciar a elaboração do PEB, verificou-se que as usinas da Cemig já possuíam Planos para Atendimento a Emergências Industriais (PAE), onde se relacionavam diversos fatores de risco e os respectivos procedimentos de resposta. Os fatores de riscos são, de modo geral, aqueles que afetam a segurança dos trabalhadores e o meio ambiente, como incêndios, vazamentos do óleo, acidentes de trabalho e inundação da casa de força. As respostas a rupturas de barragens são tratadas de forma muito simplificada, levando em consideração ações apenas após uma detecção da ruptura já iniciada.

É um desafio conciliar os dois planos, mas considerou-se importante respeitar a estrutura de plano de atendimento a emergências preparada para cada instalação, para padronizar os procedimentos de resposta, os treinamentos e as revisões dos planos, contribuindo para o entendimento e aceitação dos envolvidos na operação da usina.

A fim de permitir essa integração, ou facilitá-la, o PAE da usina deve constituir um documento único, dividido em “Planos de Emergência Especializados”, conforme sugestão abaixo:

- Plano de Combate a Incêndios - PCI;
- Plano de Emergências Ambientais - PAM;
- Plano de Atendimento a Acidentes de Trabalho - PAT;
- Plano de Emergências Hidrológicas - PEH;
- Plano de Emergência da Barragem - PEB.

A primeira página do PAE da usina deve indicar o plano a ser seguido em caso de emergência através de numeração específica. Perguntas diretas apontariam os números dos planos previamente estabelecidos. Assim, optou-se por preparar o PEB com uma estrutura que permitisse aos planejadores da Coordenação Geral “encaixá-lo” em seus PAEs. Para isso, a versão mais operacional do PEB deve ser funcional, mesmo dentro da estrutura de um plano mais complexo, como é o caso da usina.

O objetivo principal do PEB é reduzir os riscos de um acidente envolvendo a barragem ao se detectar uma situação anormal, ou minimizar os danos provenientes desse acidente. Foca na segurança imediata das estruturas e dos funcionários da operação e na comunicação com as entidades responsáveis pela defesa civil a jusante. Considera-se que segurança da população é responsabilidade dessas entidades e deve ser tratada nos seus próprios planos de atendimento a emergências. No caso de inundações induzidas pela barragem, o aviso e os procedimentos de evacuação das pessoas localizadas a jusante devem estar previstos no Plano Emergência Externo – PEE, elaborado para essa finalidade.

Os riscos hidrológicos não foram tratados como parte do PEB, merecendo um plano especializado dentro do Plano de Atendimento a Emergências da UHE Peti, intitulado Plano de Emergências Hidrológicas.

O PEB é, portanto, aplicado somente na área industrial da usina e, eventualmente, o aviso às comunidades imediatamente a jusante deverá ser tratado no futuro com a defesa civil responsável pelo vale do rio Santa Bárbara.

### **7.1.5 Sistemas de comunicação – Passo 5**

O levantamento feito na usina mostrou que os atuais sistemas de comunicação e aviso são providos de:

- Celular rural;
- Rádio VHF, que permite contato com a sede da CEMIG na cidade de Itabira;
- SIT – Sistema Interno de Telecomunicações, interno da Cemig e que permite contato direto com o COD da região leste; e

- Sirene, localizada na casa de força, que embora de alcance limitado, em alguns horários permite o aviso até na comunidade de Várzea da Lua.

Com base nas informações obtidas, verificou-se que os sistemas de comunicação externa devem atender, razoavelmente bem, durante emergências, porém deve-se prever a instalação de novos pontos de comunicação em um local seguro, fora da zona de inundação, que funcionará como Sala de Emergência ou Centro de Operações de Emergência.

A partir dos mapas de inundação, verificou-se que a guarita de segurança, localizada na entrada da usina, é um local seguro que poderá ser preparado para funcionar como sala de emergência em situações de crise. Portanto, os sistemas de comunicação existentes na casa de força deverão ser replicados na guarita a fim de prover meios de comunicação para os envolvidos nas ações de resposta a emergências.

O sistema de aviso (sirene) é suficiente para atender às instalações industriais da usina que estão na zona de inundação, porém não são adequadas para avisar a comunidade a jusante.

Deve-se prever futuramente a instalação de uma nova sirene, mais próxima à comunidade, com sinal padronizado e dotada de dispositivo luminoso para que seja visível durante a noite e o som seja reconhecido pelas pessoas. Atualmente, se ocorrer uma catástrofe, as pessoas residentes na área imediatamente a jusante deverão ser avisadas por telefone utilizando-se a listagem de moradores disponível no PEB.

#### **7.1.6 Fluxograma de notificações – Passo 6**

O fluxograma de notificações tem o objetivo de agilizar o processo de comunicação orientando quem deve ser comunicado imediatamente por quem e qual o telefone de contato. O fluxograma deve ser utilizado quando a ruptura já tiver ocorrido ou for inevitável. Ao se detectar anormalidades deve-se seguir fluxos de comunicação próprios de cada nível de segurança atingido.

Na usina de Peti, em função da casa de força e da estação ambiental se encontrarem na área potencialmente inundável, dependendo do nível de alerta, os funcionários deverão iniciar os procedimentos de evacuação antes de iniciarem os processos de notificação. Depois que estiverem seguros na sala de emergência, a ser implantada na guarita de entrada da usina, as notificações serão realizadas.

### 7.1.7 Conteúdo e estrutura – Esboço do plano – Passo 7

Ao analisar as características dos planos dos diversos países, observou-se que os planos portugueses, espanhóis e europeus, de uma maneira geral, são muito ricos em informações, detalhados e volumosos. Nos países da América do Norte, existem diversos guias que padronizam o processo de elaboração dos planos em modelos muito sintéticos e operacionais.

Visando a obter um plano que permita maior agilidade e compreensão nos momentos de crise, optou-se por seguir uma formatação semelhante ao proposto por diferentes agências dos Estados Unidos e Canadá, notadamente o Bureau of Reclamation, o FEMA e o FERC. As demais metodologias vieram se somar nessa estrutura com o objetivo de criar um plano mais completo, mas, ainda assim, mais simples e objetivo.

A estrutura dos planos deve ser sintética e direta, mas deve conter todas as informações necessárias ao gerenciamento da emergência. Essas características vão determinar a operacionalidade do PEB.

Os documentos operacionais de resposta devem ser os mesmos para todas as equipes envolvidas, mantendo a uniformização nas comunicações entre equipes. Isso ainda auxiliará na revisão e atualização deles. Porém, é mais importante que sejam facilmente interpretados no momento de uma emergência e, portanto, deve-se respeitar as diferenças existentes entre as equipes, produzindo um documento de fácil interpretação.

A existência de um guia oficial proposto pelas agências regulamentadoras brasileiras, com regras para a composição PEB, uniformizaria os planos, facilitando a sua implantação na operação e junto às autoridades de defesa civil. Como não existe essa regulamentação no Brasil, e em consequência ao exposto anteriormente, o PEB aqui proposto será dividido em três volumes:

- VOLUME I – Gestão de Emergências. Procedimentos operacionais
  - destinado principalmente à operação em situações emergenciais, é sintético e objetivo. Seu foco é na agilidade das respostas.
  - contém instruções para detecção, avaliação e classificação da emergência, determinação das responsabilidades e funções, preparação para ações de resposta, comunicação e utilização de suprimentos e informações de

emergência e os mapas de inundação e procedimentos de evacuação das áreas industriais da usina.

- VOLUME II – Memorial Técnico
  - se destina aos responsáveis pela revisão e atualização do plano e é composto pelo memorial técnico com as justificativas dos procedimentos adotados no volume I.
  - Contém os estudos de ruptura, propagação e o mapeamento das inundações.
- VOLUME III – Plano de comunicação externa
  - destina-se unicamente a fornecer as informações necessárias às autoridades responsáveis pela defesa civil a jusante para que se preparem para uma eventual situação de emergência. Seu objetivo é servir de integração entre o PEE e o PEB, facilitando a comunicação entre os dois planos.
  - contém o mapa de inundações e as informações básicas a serem fornecidas pela barragem à comunidade, como fluxogramas de comunicação e sistemas de aviso implantados, além da lista dos responsáveis pela barragem em situações de emergência.

A estrutura geral utilizada para o formato de apresentação do plano é a seguinte:

#### VOLUME I

- Capa ou página de rosto – *Discrimina o documento e a barragem, nome do proprietário, endereço, data e versão*
- Identificação do documento – *Controle de revisões, lista de distribuição, destinatário do exemplar e assinatura dos responsáveis.*
- I. Apresentação e notas legais – *Objetivo do plano, dados básicos da barragem e situação no vale e notas legais sobre o plano*
- II. Como usar este PEB – *Fluxo de ações e notificações - Índice e esquemas de orientação para utilização do plano*
- III. Detecção, avaliação e classificação de emergências – *Elementos para determinação dos níveis de segurança e alerta*
- IV. Responsabilidades – *Atribuições dos envolvidos no Plano*

V. Procedimentos de ação – *Elementos operativos que orientam nas tomadas de decisão e ações de resposta, inclusive notificação, alerta e evacuação*

VI. Apêndices

- A. *Mapa da área industrial, inundação, COE, rotas de fuga e restrições*
- B. *Formulários-tipo*
- C. *Listas de recursos necessários (Pessoas e Materiais)*
- D. *Divulgação, treinamento e atualização do PEB*
- E. *Caracterização da região - Barragem e Vale*
- F. *Mapas de inundação do vale a jusante*

VOLUME II

- *Capa ou página de rosto – Discrimina o documento e a barragem, nome do proprietário, endereço, data e versão*
- *Identificação do documento – Controle de revisões, lista de distribuição, destinatário do exemplar e assinatura dos responsáveis*
- *Apresentação e notas legais – Objetivo do plano, dados básicos da barragem e situação no vale e notas legais sobre o plano*
- A. *Estudos de ruptura e de propagação de cheias*
- B. *Critérios para elaboração dos mapas de inundação*
- C. *Monitoramento e manutenção*
- D. *Resposta a possíveis condições emergenciais*
- E. *Organização dos recursos*
- F. *Sistemas de comunicação, alerta e aviso*
- G. *Procedimentos de divulgação, treinamento e atualização do PEB*

VOLUME III

- *Capa ou página de rosto – Discrimina o documento e a barragem, nome do proprietário, endereço, data e versão.*
- *Identificação do documento – Controle de revisões, lista de distribuição, destinatário do exemplar e assinatura dos responsáveis*

- Apresentação e notas legais – Objetivo do plano, dados básicos da barragem e situação no vale e notas legais sobre o plano
- Fluxo de notificações
- Responsabilidades – *Atribuições dos envolvidos no Plano*
- Caracterização da região - Barragem e Vale
- Avaliação do comportamento da barragem
- Sistemas de comunicação, alerta e aviso
- Programa de divulgação do plano
- Anexos
  - Mapas de inundação
  - Lista de pessoas envolvidas

O Volume I é o que apresenta maior desafio na sua elaboração, uma vez que a forma como é constituído ou como são apresentados os procedimentos pode influir diretamente na eficácia do processo de gestão da emergência.

A dificuldade na elaboração do Volume III está na forma como os dados serão apresentados para a comunidade. Assim, dadas as percepções de cada um sobre o risco imposto pela barragem, poderá se tornar um processo muito complexo.

A seguir, é apresentado o Volume I do plano da barragem de Peti, que é o mais operacional e sintético. Com os dados dele é possível preparar o Volume III. Para o Volume II, entende-se que os dados fornecidos ao longo do trabalho, bem como os estudos de ruptura e propagação, acrescidos ao que foi apresentado no Estudo de Caso e Resultados é suficiente para caracterizá-lo.

Companhia Energética de Minas Gerais

## PLANO DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIAS - PAE

### UHE PETI

Qual é a situação de emergência?

Incêndio ou Explosão	ver <b>PCI</b>
Acidente de Trabalho	ver <b>PAT</b>
Derramamento de óleo, morte de peixes	ver <b>PAM</b>
Incidente envolvendo a barragem	ver <b>PEB</b>
Eventos Hidrológicos adversos	ver <b>PEH</b>

Companhia Energética de Minas Gerais

**PLANO DE EMERGÊNCIA DA BARRAGEM  
DE PETI**

**Rio Santa Bárbara**

**Município de São Gonçalo do Rio Abaixo**

**Versão:**

**Data:**

FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

C3

C4

D

F

**Controle de Revisão**

Revisão	Data	Item	Descrição das Alterações
			Emissão inicial.

**Distribuição de Cópias:**

**Elaborado por:**

Diego Antônio Fonseca Balbi

**Verificado por:**

**Aprovado por:**

**Data:**

*Capa ou Página de rosto*

*Identificação do documento*

*I. Índice*

*II. Apresentação e notas legais*

*III. Como usar este PEB*

*IV. Detecção, Avaliação e Classificação de emergências*

*V. Responsabilidades*

*VI. Procedimentos de ação*

*VII. Aprovação*

*VIII. Apêndices*

*A. Mapa da área industrial, inundação, COE, rotas de fuga e restrições*

*B. Formulários-tipo*

*C. Listas de recursos necessários (Pessoas e Materiais)*

*D. Resposta a possíveis condições emergenciais*

*E. Divulgação, treinamento e atualização do PEB*

*F. Caracterização da região - Barragem e Vale*

*G. Mapas de inundação do vale a jusante*

FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

C3

C4

D

G

## II. APRESENTAÇÃO

Este Plano de Emergências foi elaborado para definir os procedimentos de resposta a situações emergenciais que ameacem as estruturas da barragem da UHE Peti ou decorrentes de sua ruptura, sendo válido somente para essa usina.

Tem por objetivo definir o conjunto de procedimentos e ações para manter o controle da segurança na barragem e garantir uma resposta eficaz a situações de emergência que ponham em risco a segurança do vale à jusante.

Convém ressaltar que a barragem de Peti é muito segura e possui rotina adequada de monitoramento, contando com os instrumentos necessários para a sua auscultação.

## CONTEÚDO

Esse documento contém:

- os procedimentos para detecção e classificação de situações anormais e possíveis ameaças à barragem e que ativarão o plano;
- os procedimentos de notificação e resposta a situações emergenciais;
- a relação dos envolvidos e suas responsabilidades na aplicação do PEB;
- a identificação das áreas potencialmente afetadas pela ruptura da barragem

**OBS.:** Para procedimentos relativos à operação do reservatório durante a estação chuvosa VER Instrução para Controle de Cheias da UHE Peti.

## LOCALIZAÇÃO E ACESSO À BARRAGEM



A usina hidrelétrica de Peti localiza-se no rio Santa Bárbara, no município de São Gonçalo do Rio Abaixo - MG. O acesso se dá pela BR-262 até o trevo de São Gonçalo do Rio Abaixo, por onde se segue em estrada não-pavimentada por 8km até a usina. A distância a partir de Belo Horizonte é de aproximadamente 100 km.

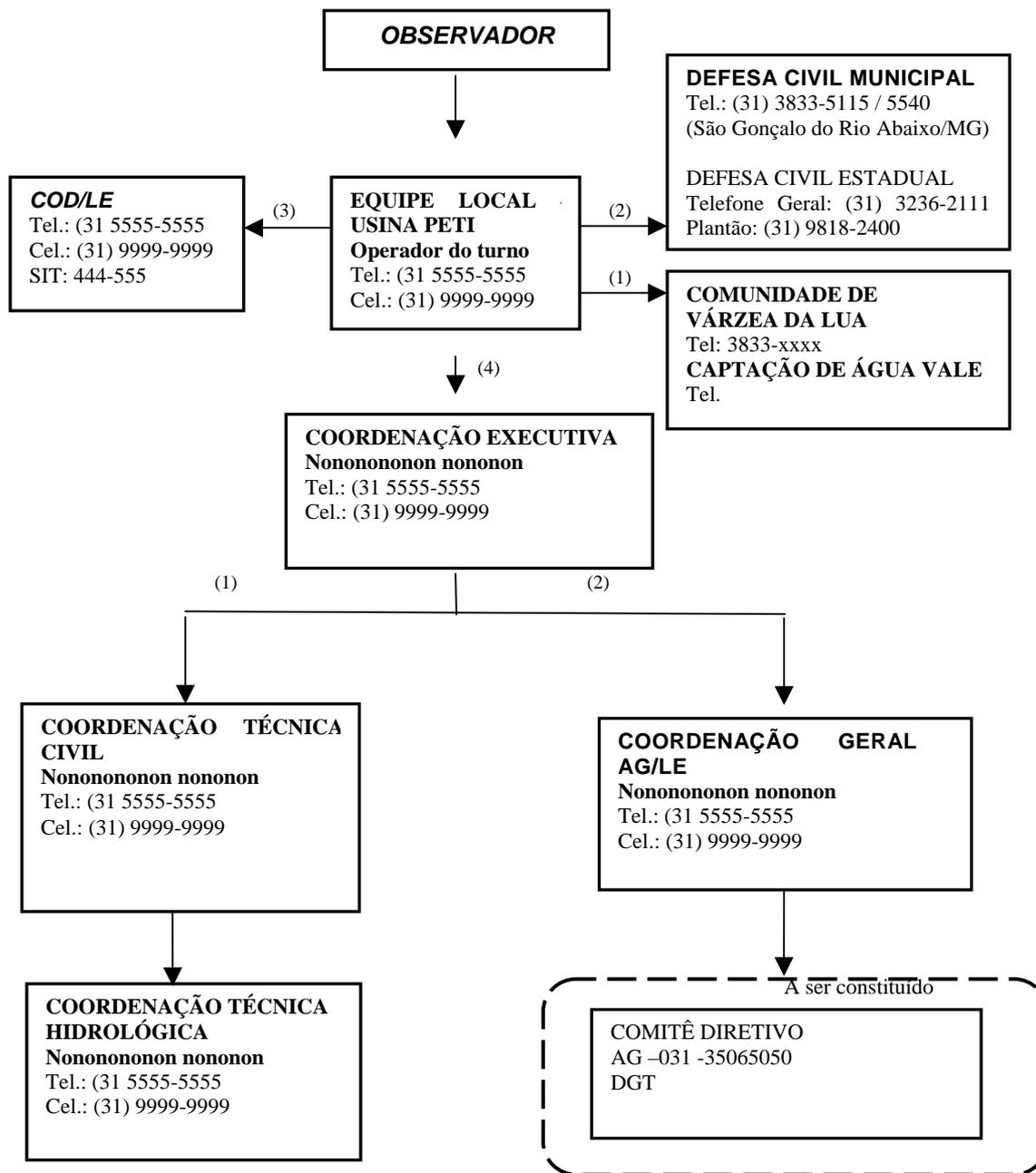
### III. COMO USAR ESTE PEB

Se a **RUPTURA É IMINENTE OU ESTÁ EM ANDAMENTO**, siga os passos abaixo:

1 – Seguir PROCEDIMENTOS DE EVACUAÇÃO – Apêndice A1

2 – Iniciar procedimento de notificação conforme fluxograma abaixo.

Na impossibilidade de notificar o contato imediato, contactar os subsequentes.



(1) Prioridade de notificação

#### IV. DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE EMERGÊNCIAS

### QUADRO 1

#### Caracterização dos Níveis de Segurança

Nível de Segurança	Situações
<b>NORMAL</b>	<p>Probabilidade de Acidente desprezível</p> <p>Plano de Segurança da Barragem - monitoramento rotineiro e ações corretivas de deteriorações que não comprometem a segurança estrutural.</p> <p>Deteriorações ou eventos que afetam apenas a aparência ou conservação do patrimônio ou a segurança se evoluírem.</p> <p>As previsões meteorológicas não indicam condições adversas.</p>
<b>ATENÇÃO</b>	<p>Probabilidade de Acidente baixa</p> <p>Deteriorações ou eventos que possam afetar a segurança do barramento</p> <p>Obriga a um estado de prontidão na barragem onde serão necessárias as medidas preventivas e corretivas previstas e os recursos disponíveis para evitar um acidente.</p> <p>Eventual rebaixamento do reservatório (depende da avaliação técnica da situação).</p> <p>O fluxo de notificações do PEB é apenas interno, a menos que sejam necessárias descargas preventivas ou o rebaixamento do reservatório.</p> <p>É conveniente testar os sistemas de comunicação neste momento.</p>
<b>ALERTA OU IMINÊNCIA DE ACIDENTE</b>	<p>Probabilidade de acidente elevada</p> <p>Cenário excepcional e de alerta</p> <p>“Espera-se que ações a serem tomadas evitem a ruptura, mas pode sair do controle”</p> <p>A exploração do reservatório deverá ser interrompida. Esvaziamento do reservatório.</p> <p>Entende-se que a segurança do vale a jusante está gravemente ameaçada e será necessário acionar os procedimentos de comunicação e notificação externos previstos no PEB</p> <p>Avaliar a necessidade de evacuação interna.</p> <p>A Defesa Civil avalia a necessidade de evacuação externa.</p>
<b>EMERGÊNCIA</b>	<p>Acidente inevitável - catástrofe iminente</p> <p>A ruptura é iminente, inevitável, já iniciou ou já ocorreu.</p> <p>Segurança do vale a jusante está gravemente ameaçada. Acionar os procedimentos de comunicação e notificação previstos no PEB e as ações emergenciais previstas no PEE das comunidades a jusante.</p> <p>Evacuação necessária.</p>

FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

C3

C4

D

G

## QUADRO 2

### Definição do nível de alerta para ocorrências excepcionais ou circunstâncias anômalas

Ocorrência excepcional		Conseqüências	Nível de alerta / Consultar QUADRO
Instrumentação		<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de dados de observação</li> </ul>	Verde
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultados anômalos da instrumentação de auscultação</li> </ul>	
Anomalias estruturais na barragem e ombreiras	Trincas (não documentadas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trincas estáveis, documentadas e monitoradas</li> </ul>	Verde
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Trincas superficiais</li> </ul>	
	Surgências (Áreas encharcadas ou água surgindo)	Presença de trincas transversais e longitudinais profundas <ul style="list-style-type: none"> <li>Que não se estabilizam,</li> <li>Passantes ou não de montante para jusante</li> <li>Com percolação de água ou não.</li> </ul>	Amarelo QUADRO 3
		Surgência de água próxima à barragem, nos taludes ou ombreiras: <ul style="list-style-type: none"> <li>não documentada e/ou não monitorada</li> <li>com arreamento de materiais de origem desconhecida</li> <li>Aumento das infiltrações com o tempo</li> <li>Água saindo com pressão</li> </ul>	
		Vazamentos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vazamentos incontroláveis com erosão interna em andamento</li> </ul>	Laranja QUADRO 4		
Cheias	Nível	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nível d'água acima do MÁXIMO MAXIMORUM</li> </ul>	
	Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extravadores inoperantes no período chuvoso</li> </ul>	
	Galgamento da barragem iniciado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilidade de rebaixamento do nível d'água através da abertura dos extravasores</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Galgamento em andamento com extravasores abertos</li> </ul>	Laranja QUADRO 4
Falha dos sistemas de alerta e de aviso	Período seco	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impossibilidade de notificação</li> </ul>	Verde
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Impossibilidade de aviso</li> </ul>	Amarelo QUADRO 3
	Período chuvoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impossibilidade de notificação</li> </ul>	Laranja QUADRO 4
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Impossibilidade de aviso</li> </ul>	
Ruptura da Barragem		<ul style="list-style-type: none"> <li>Tombamento da barragem</li> <li>Abertura de brecha na estrutura com descarga incontrolável de água</li> <li>Colapso completo da estrutura</li> </ul>	Vermelho QUADRO 5

Obs. Para caracterização dos níveis de segurança – ver QUADRO 1

FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

C3

C4

D

G

## V. RESPONSABILIDADES

As atribuições e responsabilidades a seguir são de caráter geral aplicáveis às situações envolvendo emergências associadas à segurança de barragem.

### COMITÊ DIRETIVO

Composto por membros da Diretoria da Cemig, Superintendências responsáveis pelas usinas hidrelétricas, pela comunicação empresarial, representantes das gerências de segurança de barragens e de gestão dos reservatórios. Suas principais atribuições são:

- Coordenar a comunicação oficial com governantes e órgãos da imprensa,
- Definições legais,
- Disponibilização emergencial de recursos.

### COORDENAÇÃO GERAL

Composto pelo gerente regional de geração, responsável pelas usinas do leste. As principais atribuições do coordenador são:

- Comunicação externa e corporativa;
- Apoio às equipes executiva e de resposta;
- Aprovação do PEB.

### COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Composto pelo engenheiro designado pelo gerente da regional para coordenar a operação da usina de PETI. As principais atribuições do coordenador são:

- Direção de todas as ações vinculadas ao atendimento da emergência e controle de seus efeitos juntamente com a equipe local;
- Avaliação da gravidade da emergência;
- Notificação da Defesa Civil;
- Comunicação com Coordenação Geral;
- Contratação de equipamentos e maquinários de empresas especializadas se for o caso;
- Encerramento das operações de controle de emergência, reorganização da área e retorno às atividades normais;
- Elaboração do relatório de ocorrência;
- Aprovação do plano.

### EQUIPE LOCAL

Composta pelos operadores locais da usina. A principal característica dessa equipe é o fato de que, ao ser instituído um nível de alerta (Amarelo, Laranja ou Vermelho), ela passa a atuar como Equipe de Apoio.

Antes de ser instituído oficialmente o nível de alerta, são atribuições dessa equipe:

- Operar e manter a usina, garantindo o funcionamento de seus equipamentos de extravasão, sistemas de comunicação e de aviso;
- Acionar aviso sonoro e seguir o fluxo de notificações em caso de ruptura da barragem (nível vermelho sem passar pelos demais níveis de alerta).

## EQUIPES DE APOIO

São três equipes: Logística, Operacional e de Comunicação. São compostas por membros da Brigada de Incêndio, Área de Vigilância e Segurança Patrimonial do Núcleo, Barrageiros e técnicos de manutenção de equipamentos da usina ou regional. As atribuições são definidas por equipe conforme abaixo:

- **Equipe operacional:** executa ações ligadas à manutenção e à operação dos equipamentos hidráulicos;
- **Equipe logística:** providencia os recursos para apoiar as ações de emergência e atua em:
  - Bloqueio e controle de acessos;
  - Retirada imediata das pessoas nos processos de evacuação;
  - Manutenção da ordem no local da emergência;
  - Registro das ações tomadas.
- **Equipe de Comunicação:** coordena as ações de notificação e comunicação interna e externa, atendendo às ordens do Coordenador Executivo.

## COORDENAÇÕES TÉCNICAS

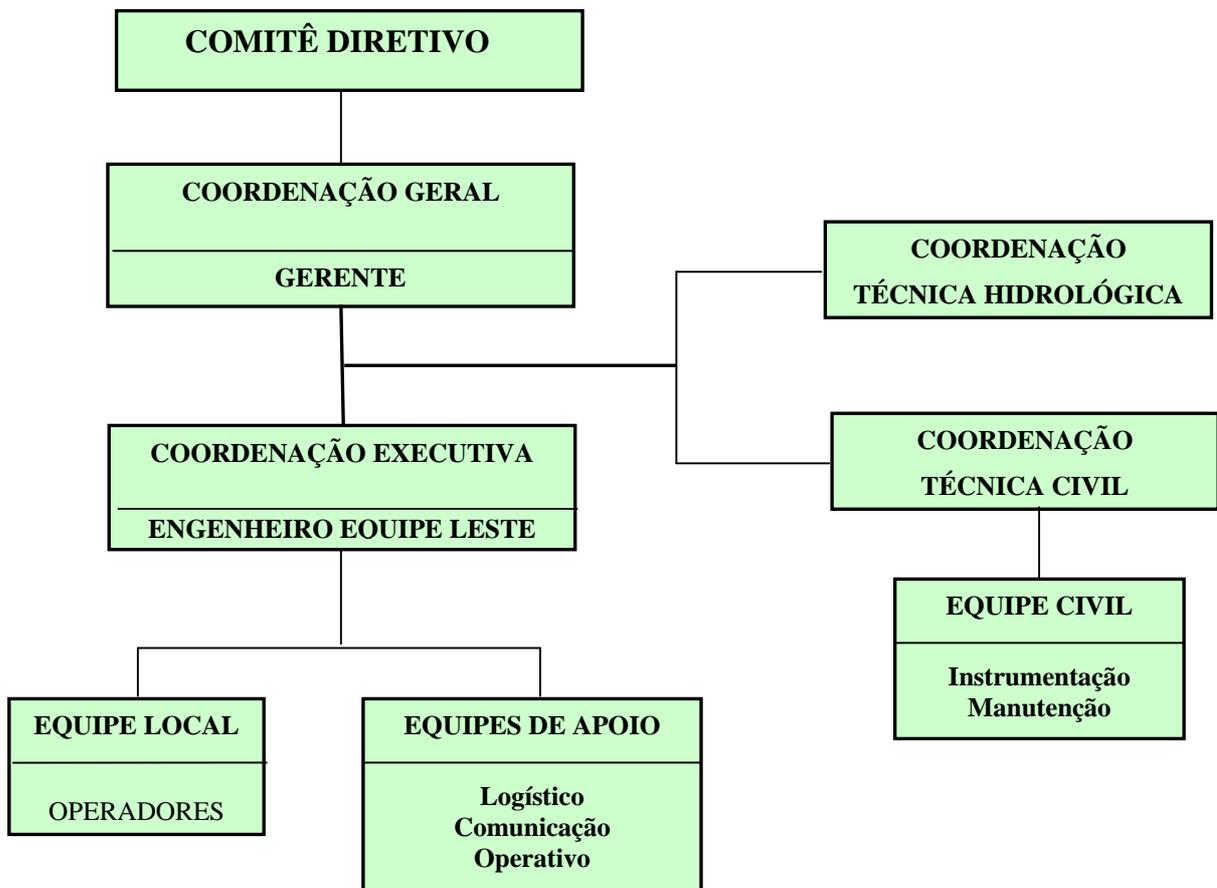
### CIVIL

- Elaboração, atualização e revisão do PEB;
- Orientar e treinar as equipes locais para a prevenção e prontidão em situações que ameacem a segurança da barragem;
- Orientar a Coordenação geral/executiva sobre as condições das estruturas civis;
- Agir durante a emergência, atuando sobre as causas dos problemas na barragem para evitar a ruptura;
- Propor medidas corretivas;
- Contratar consultores;
- Apoiar Coordenação geral/executiva na comunicação com Defesa Civil, antes e durante as emergências relacionadas à segurança de barragens.

### HIDROLÓGICA - PO/PE

- Análise e acompanhamento do quadro hidrometeorológico;
- Definir práticas operativas em coordenação com COS, COD e ONS;
- Executar simulações e previsões hidrometeorológicas;
- Subsidiar a elaboração de estudos para o mapeamento da planície de inundação;
- Tomar decisões sobre a operação do reservatório;
- Comunicar a Defesa Civil nas emergências relacionadas à situação operativa excepcional.

## Estrutura Organizacional para Atendimento a Emergência



FLUXOGRAMA QUADROS 1 2 3 4 5 APÊNDICES A B1 B2 C1 C2 C3 C4 D G

VI. PROCEDIMENTOS DE AÇÃO

**QUADRO 3**

PREVENÇÃO RIGOROSA OU AMARELO

PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA

O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
<u>Comunicar:</u> Equipe local	Observador	Após de ocorrência constante no QUADRO 1	Via telefone – Ver Diagrama 1 ou Apêndice C1
<u>Comunicar</u> 1-Coordenação técnica Civil 2-Coordenação executiva Aguarda instruções das coordenações	Equipe Local	Após identificação de ocorrência constante no QUADRO 1	Pré avaliar o incidente segundo <b>QUADRO 2.</b> Via telefone Ver Apêndice C1
<u>Tomada de decisão</u> Avalia a informação e define ações a serem tomadas Solicita à Equipe Local que fique de prontidão e monitore a ocorrência	<u>Coordenador Técnico Civil</u>  Equipe Civil	Após notificada pela Equipe Local ou Coordenação Executiva	Vai ao local ou envia equipe civil Através de julgamento técnico Classifica o incidente segundo <b>QUADROS 1 E 2</b>
<u>Notificar</u> Coordenação Executiva Coordenação Técnica Hidrologia, quando envolver operação do reservatório	Coordenador Técnico Civil	Após identificação e avaliação da deterioração ou situação anormal	Ver contatos no Apêndice C1
<u>Ações de Resposta</u> Implementa medidas preventivas e corretivas conforme o tipo de ocorrência identificado	<u>Coordenadores Técnicos</u>  Equipe Civil Equipe Apoio	Após identificação e avaliação da deterioração ou situação anormal	Seguir procedimentos propostos no Apêndice D
<u>Tomada de decisão</u> Necessário esvaziar o reservatório? Se sim acionar o sistema de aviso para descarga dos extravasores	Coordenador executivo	Se houver necessidade de deplecionamento	Seguindo procedimentos operacionais disponíveis na usina
<u>Registra</u> todas as observações e ações	Equipe Local	Ao longo de toda a situação	Usar livro de registro da instalação
<u>Verifica se:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• as medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede para o nível verde de rotina</li><li>• a situação de perigo evolui para o nível de alerta Laranja</li></ul>	<u>Coordenador Executivo</u>  Coordenação Técnica Civil	Após implementação de medidas	Identificação da situação e reclassificação do nível de alerta

FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

C3

C4

D

G

# QUADRO 4

## SITUAÇÃO DE ALERTA OU LARANJA

### PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA

O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Instituir a situação de alerta Laranja	<u>Coordenador Executivo</u> Coordenações Técnicas	Ao avaliar e classificar a situação como nível de alerta	Seguindo critérios propostos nos <b>QUADROS 1 e 2</b>
Coordenar a evacuação da Casa de força e Estação ambiental e demais áreas inundáveis Condiciona os acesso à barragem e áreas a jusante	<u>Equipes de Apoio</u> Operativo Logístico	Ao ser instituído o nível Laranja	Evacuar a área deslocando-se até a guarita de entrada, utilizando as placas de orientação e o Plano de Evacuação do Apêndice <b>A1</b>
<u>Tomada de decisão</u> Avalia a informação e define ações imediatas a serem tomadas Solicita ao operador que fique de prontidão e monitore a ocorrência	<u>Coordenador Técnico Civil</u>  Equipe Civil	Ao ser instituído o nível Laranja	Vai ao local ou envia equipe civil Através de julgamento técnico Classifica o incidente segundo <b>QUADROS 1 E 2</b>
<u>Notifica para ficarem de prontidão</u>  Coordenador Geral COD – Leste Serviços de Defesa Civil e comunidade de Várzea da Lua	<u>Coordenador Executivo</u>	Ao ser instituído o nível Laranja	Utilizar meios de comunicação indicados no Apêndice <b>C1</b>
<u>Mobilizar o Comitê Diretivo</u>	<u>Coordenador Geral</u>	Ao ser notificado do nível Laranja pelo coordenador executivo.	Notificar Superintendente e representantes da Comunicação Empresarial Via indicação no Apêndice <b>C1</b>
<u>Ações de Resposta</u> Implementa medidas preventivas e corretivas de acordo com a ocorrência	<u>Coordenadores Técnicos</u> Equipe Civil Equipe operativa	Após identificação e avaliação da deterioração ou situação anormal	Seguir procedimentos propostos no Apêndice <b>D</b> <b>A prioridade é manter a segurança das estruturas</b>
Mantém comunicação com a Defesa Civil para coordenação de ações visando a redução dos danos	<u>Coordenador Executivo</u> Equipe comunicação	Ao longo de toda a situação de alerta	Via meios de comunicação
<u>Registra</u> todas as observações e ações	Equipe Local	Ao longo de toda a situação	Usar livro de registro da instalação
<u>Verifica se:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>as medidas implementadas têm resultado (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação de perigo retrocede</li><li>a situação de perigo evolui para o nível de alerta Vermelho e a ruptura é inevitável</li></ul>	<u>Coordenador Executivo</u>  Coordenação Técnica Civil	Após implementação de medidas	Identificação da situação e reclassificação do nível de alerta

FLUXOGRAMA QUADROS 1 2 3 4 5 APÊNDICES A B1 B2 C1 C2 C3 C4 D G

# QUADRO 5

## EMERGÊNCIA OU VERMELHO

### PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E DE AÇÃO IMEDIATA

O QUE FAZER	QUEM	QUANDO	COMO
Coordenar a evacuação da Casa de força e Estação ambiental e demais áreas inundáveis Condiciona os acessos à barragem e áreas a jusante	<u>Equipes de Apoio</u> Operativo Logístico	Ao ser notificada emergência	Evacuar a área deslocando-se até a guarita de entrada, utilizando as placas de orientação e o Plano de Evacuação do Apêndice <b>A1</b>
<u>Notificar</u> Comunidade da Várzea da Lua Defesa Civil Municipal e Estadual Coordenador Executivo e Técnico	<u>Equipe de apoio</u> Comunicação	Ao chegar à sala de emergência localizada na guarita	Segue <b>fluxo de notificação</b> e contatos relacionados no apêndice <b>C1</b>
<u>Tomada de decisão</u> Avalia a informação e define ações imediatas a serem tomadas	<u>Coordenador Executivo</u> Coordenador Geral	Ao ser notificado da emergência	Vai ao local ou envia equipe civil Através de julgamento técnico Classifica o incidente segundo <b>QUADROS 1 E 2</b>
<u>Notifica</u> Coordenador Geral COD – Leste	<u>Coordenador Executivo</u>	Ao ser notificado da emergência	Utilizar meios de comunicação indicados no Apêndice <b>C1</b> e o fluxo de notificações
<u>Mobiliza o Comitê Diretivo</u>	<u>Coordenador Geral</u>	Ao ser notificado do nível Laranja pelo coordenador executivo.	Notificar Superintendente e representantes da Comunicação Empresarial Via indicação no Apêndice <b>C1</b>
<u>Ações de Resposta</u> Esvazia o reservatório ao máximo e toma outras ações para tentar minimizar os danos	<u>Coordenadores Técnicos</u> Equipe Civil Equipe operativa	Após identificação e avaliação da deterioração ou situação anormal	Seguir procedimentos propostos no Apêndice <b>D</b>
Mantém comunicação com a Defesa Civil para coordenação de ações visando a redução dos danos	<u>Coordenador Executivo</u> Equipe comunicação	Ao longo de toda a emergência	Via meios de comunicação
<u>Registra</u> todas as observações e ações	Equipe Local	Ao longo de toda a situação	Usar livro de registro da instalação

FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

C3

C4

D

G

## **Encerramento das Operações**

Uma vez que as condições indiquem que não existe mais uma emergência no local da barragem e a Coordenação Técnica declarou que a barragem está segura, o COORDENADOR EXECUTIVO deverá contatar a COMDEC e a CEDEC que irão acompanhar a evolução das inundações no vale e decretar o fim da emergência.

Encerradas as ações emergenciais de resposta, deve-se desmobilizar pessoal, equipamentos e materiais empregados.

Em seguida, será elaborado o Relatório Final de Emergência, conforme formulário do Apêndice B2 (MODELO DO RELATÓRIO FINAL DE EMERGÊNCIA), e apresentado em um prazo de até 30 dias após a ocorrência da emergência. A responsabilidade pela emissão desse relatório é do Coordenador Executivo.

## **RECURSOS HUMANOS**

Os seguintes procedimentos referentes aos recursos humanos devem ser adotados na UHE Peti quando for estabelecido uma situação de anormalidade a partir do nível de Atenção:

- Assegurar a permanência de pessoal na barragem em ocasiões que potencializem acidentes, como cheias excepcionais ou comportamento anormal da barragem.
- Treinar o pessoal, efetivo e suplente, através de exercícios e simulações, para atuar com o sistema de comunicações e agir nas diferentes situações previstas.

## **CENTRO DE OPERAÇÕES DE EMERGÊNCIAS**

Assegurar a existência de uma sala, em local seguro, onde o pessoal possa permanecer durante a situação de emergência, devendo ser dotado de meios de comunicação adequados para o acionamento e cumprimento do plano de atendimento a emergências.

## **EQUIPAMENTOS DE COMUNICAÇÃO E AVISO**

São os seguintes:

- kits de rádios
- Sirene instalada na Casa de Força e Prédio da Estação ambiental
- Sistema de Telefonia instalado na guarita de entrada da usina

## **RECURSOS MATERIAS**

Para reparações de emergência ou intervenções de reabilitação expedita, a UHE Peti terá, em suas instalações, os equipamentos, materiais de segurança e materiais de construção civil listados a seguir.

<b>Material</b>	<b>Uso Previsto</b>
Moto-bombas	Executar descarga de água.
Sistemas de energia auxiliares.	Operar os equipamentos elétricos.
Cones	Restrição de acessos e áreas

## VII. APROVAÇÃO

Uma cópia completa do PAE está disponível para equipe local, coordenação executiva, coordenação geral, defesa civil e autoridades locais (prefeituras, corpo de bombeiro, polícia ambiental).

Quaisquer mudanças nas informações contidas nesse plano deverão ser informadas ao coordenador executivo para atualização.

As pessoas abaixo assinadas revisaram esse Plano de Emergência da Barragem e concordam com os procedimentos de notificação propostos:

\_\_\_\_\_  
Comitê Diretivo – Superintendente de Ativos da Geração

\_\_\_\_\_  
Coordenador Geral – Gerente Regional

\_\_\_\_\_  
Coordenador Executivo – Supervisor da Operação

\_\_\_\_\_  
Coordenador Técnico Civil

\_\_\_\_\_  
Coordenador Técnico Hidrologia

\_\_\_\_\_  
Operador 1

\_\_\_\_\_  
Operador 2

\_\_\_\_\_  
Operador 3

\_\_\_\_\_  
Coordenador da COMDEC

\_\_\_\_\_  
Coordenador CEDEC/MG

## **VIII. APÊNDICES**

**APÊNDICE A – MAPA INUNDAÇÃO DA ÁREA INDUSTRIAL E ROTAS DE FUGA**

**APÊNDICE B – FORMULÁRIOS - TIPO**

**B1 - MODELO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO**

**B2 - MODELO DE RELATÓRIO DE FINAL DE EMERGÊNCIA**

**APÊNDICE C – LISTAS DE RECURSOS NECESSÁRIOS**

**C1 – CONTATOS INTERNOS**

**C2 – CONTATOS EXTERNOS**

**C3 – RECURSOS MATERIAIS**

**C4 – CONSULTORES**

**C5 – MORADORES A JUSANTE**

**APÊNDICE D - RESPOSTA A POSSÍVEIS CONDIÇÕES EMERGENCIAIS**

**APÊNDICE E - DIVULGAÇÃO, TREINAMENTO E ATUALIZAÇÃO DO PEB**

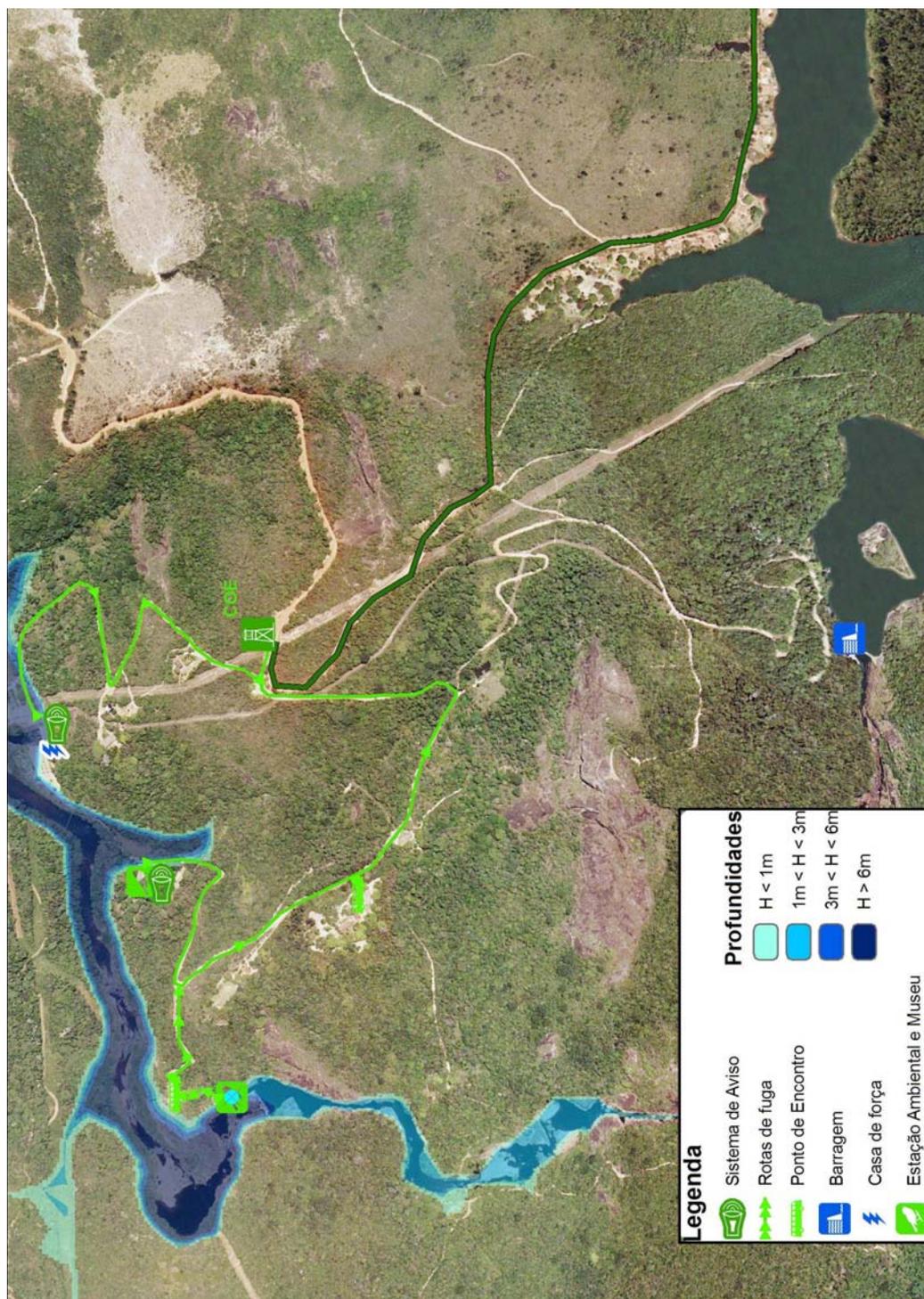
**APÊNDICE F - CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO - BARRAGEM E VALE**

**APÊNDICE G - MAPA DE INUNDAÇÃO DO VALE A JUSANTE**

## APÊNDICE A - MAPA DA ÁREA INDUSTRIAL, INUNDAÇÃO, COE, ROTAS DE FUGA E RESTRIÇÕES

A evacuação das áreas inundáveis da área industrial deverá ser feita após o alerta emitido por aviso sonoro padronizado e seguindo as rotas de fuga indicadas no mapa abaixo. O ponto de encontro será na Guarita de entrada, utilizada durante as emergências como Centro de Operações de Emergência (COE), conforme indicações.

**AVISO SONORO -> ROTAS DE FUGA -> PONTO DE ENCONTRO**



FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

C3

C4

D

G

## B1 - MODELO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Urgente. Mensagem derivada da aplicação do Plano de Emergência da Barragem de xxxxxx.

Nós estamos ativando o Nível de Segurança \_\_\_\_\_ do nosso Plano de emergência da Barragem porque \_\_\_\_\_.

Esta é uma mensagem de (declaração/alteração) do nível de segurança, feita por \_\_\_\_\_, Coordenador Executivo do Plano de Emergência da Barragem, à hora \_\_\_\_\_, do dia \_\_\_\_\_.

A causa da declaração é (descrição mínima da situação identificação da circunstância anormal, estragos, risco de ruptura potencial ou real, etc)

Esta mensagem está sendo enviada simultaneamente a xxxxx.

As circunstâncias ocorridas fazem com que devam aplicar sua cópia do Plano de Emergência da Barragem de xxxxx e os respectivos mapas de inundação.

Favor comunicar o recebimento desta comunicação a xxxxxx no telefone número xxxxxxxxx, e fax número xxxxxx.

Nós os manteremos atualizados da situação em de mudança do nível de segurança, caso ela se resolva ou se torne pior. Tentaremos chamá-lo novamente dentro de \_\_\_\_\_ horas para dar uma atualização.

Para outras informações, contate \_\_\_\_\_ no telefone \_\_\_\_\_.

Os responsáveis e os números de telefone também estão disponíveis no Plano de Emergência da Barragem.

Fim da mensagem.

FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

C3

C4

D

G

## **B2 - MODELO DE RELATÓRIO DE FINAL DE EMERGÊNCIA**

### **RELATÓRIO FINAL DE EMERGÊNCIA**

( ) Nível de Alerta (adotar Amarelo, Laranja e Vermelho)

**I - Identificação da instalação que originou a emergência:**

**II - Data e hora estimadas da emergência:**

Hora: Dia/mês/ano:

**III - Localização da emergência:**

Se possível, usar coordenadas geográficas:

**IV - Causa provável da emergência:**

**V - Cronologia dos eventos principais:** (data/horário dos fatos mais importantes)

**VI - Atuação da Equipe de Resposta:** (data/horário dos fatos mais importantes)

**VII - Descrição detalhada dos impactos:** (quantificar e qualificar)

**VIII - Recursos Materiais Utilizados:** (quantificar e qualificar)

**IX - Recursos Humanos Utilizados:** (quantificar e qualificar)

**X - Serviços Públicos de Emergência:**

**XI - Outras informações julgadas pertinentes:**

Assinatura

FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

C3

C4

D

G

## C1 - CONTATOS INTERNOS

<b>Equipe</b>	<b>Nome</b>	<b>Função</b>	<b>Tel. Comercial</b>	<b>Tel. particular</b>	<b>SIT</b>	<b>Celular</b>
Equipe local / Equipe de apoio operativo		Operador / Líder da equipe operativa				
Coordenação Executiva		Engenheiro responsável pela usina				
Coordenação Geral		Gerente da Regional				
Coordenação Técnica Civil		Gerente de Segurança de Barragens				
Coordenação Técnica Hidrológica		Gerente de Planejamento Energético				
COD/LE		Operador da distribuição				
Equipe de apoio logístico		Brigadista / Líder equipe logística				
Equipe de apoio comunicação		Brigadista / Líder equipe de comunicação				
Equipe de apoio logístico		Acessor de segurança / membro da equipe				

**C2 - CONTATOS EXTERNOS**

<b>Entidade</b>	<b>Cidade</b>	<b>Nome</b>	<b>Função</b>	<b>Contatos</b>
Prefeitura Municipal	São Gonçalo do Rio Abaixo		Prefeito	
Posto de Saúde	São Gonçalo do Rio Abaixo		Chefe	
Defesa Civil –COMDEC	São Gonçalo do Rio Abaixo		Coordenador da COMDEC	
Defesa Civil –COMDEC	São Gonçalo do Rio Abaixo		COMDEC	
Polícia Militar	São Gonçalo do Rio Abaixo		Plantão	
Delegacia de Polícia	São Gonçalo do Rio Abaixo		Delegado	
Mina do Brucutu – CVRD	São Gonçalo do Rio Abaixo		Engenheiro Responsável	
Captação de Água da Vale do Rio Doce	São Gonçalo do Rio Abaixo		Operador	
Defesa Civil Estadual	Belo Horizonte		Centro de operações de emergência	
Prefeitura Municipal	João Monlevade		Prefeito	
Hospital Municipal	João Monlevade		Chefe	
Defesa Civil –COMDEC	João Monlevade		Coordenador	
Corpo de Bombeiros Militar	Itabira		Plantão	
Polícia Militar	Santa Bárbara		Plantão	

**C3 - RECURSOS MATERIAIS**

MATERIAL/EQUIPAMENTO	QUANT./ CAPACIDADE	PROPRIETÁRIO/FORNECEDOR	LOCAL	Contatos
GERADOR DIESEL	200 KVA	LOCADORA DE EQUIPAMENTOS	SANTA BÁRBARA	
CAMINHÃO BASCULANTE	2 / 14 M <sup>3</sup>	PREFEITURA	SÃO GONÇALO	
PÁ CARREGADEIRA		EMPREENHEIRA XXX	SANTA BÁRBARA	
BOMBA SUBMERSÍVEL		DEPÓSITO XXXX	SANTA BÁRBARA	
BOMBA SUBMERSÍVEL		MINA DO BRUCUTU		
EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM		MINA DO BRUCUTU		
MÃO DE OBRA		EMPREENHEIRA YYYY	SÃO GONÇALO	
COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES		CEMIG E OUTRO FORNECEDOR	SÃO GONÇALO	
SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA			BARRAGEM	
BARCO	1		BARRAGEM	
CONES E BARREIRAS FÍSICAS			ALMOXARIFADO	
GERADORES DE ENERGIA DE EMERGÊNCIA			BARRAGEM	
BOMBA SUBMERSÍVEL			ALMOXARIFADO	
FERRAMENTAS E MATERIAL PARA MANUTENÇÃO			ALMOXARIFADO	
EQUIPAMENTOS DE PORTATEIS DE COMUNICAÇÃO	2 PARES	CEMIG	GUARITA/SALA DE EMERGÊNCIA	
HELICÓPTERO	1	CEMIG	BELO HORIZONTE	

**FLUXOGRAMA**

**QUADROS**

**1**

**2**

**3**

**4**

**5**

**APÊNDICES**

**A**

**B1**

**B2**

**C1**

**C2**

**C3**

**C4**

**D**

**G**

**C4 - CONSULTORES**

<b>CONSULTOR</b>	<b>ÁREA DE ATUAÇÃO</b>	<b>CIDADE</b>	<b>Contatos</b>
	CONCRETO		
	BARRAGENS		
	GEOTECNIA		
	HIDRÁULICA		

**C5 - MORADORES A JUSANTE**

PRIORIDADE DE ALERTA	PESSOA	TELEFONES	ENDEREÇO	OBSERVAÇÕES
1				
2				
3				
4				
5				
6				

APÊNDICE D – RESPOSTA A POSSÍVEIS CONDIÇÕES EMERGENCIAIS

Ocorrência excepcional		Medidas Corretivas e Preventivas	Nível de alerta / Consultar QUADRO
Instrumentação		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar funcionamento dos instrumentos</li> <li>• Refazer leituras</li> <li>• Analisar demais instrumentos e comportamento da estrutura</li> </ul>	Verde
Anomalias estruturais na barragem e ombreiras	Trincas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorar a sua evolução (visualmente ou através de instrumentos)</li> <li>• Documentar e monitorar a sua evolução</li> </ul>	Verde
	Surgências	Documentar e monitorar a sua evolução Se houver indícios de piping <ul style="list-style-type: none"> <li>• deve-se deplecionar o reservatório e promover os reparos necessários</li> <li>• deve-se lançar algum material que impeça a saída dos sólidos como, bentonita, areia, etc</li> </ul>	Amarelo QUADRO 3
	Vazamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorar e promover reparo para ficar no nível Verde</li> </ul>	Laranja QUADRO 4
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deplecionar o reservatório a um nível que permita o reparo</li> </ul>	
Cheias	Nível	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir os extravasores e controlar o nível em condições aceitáveis</li> <li>• Verificar se aparecem novas surgências a jusante.</li> </ul>	Amarelo QUADRO 3
	Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparar imediatamente os equipamentos</li> <li>• Se não for possível reparar e iniciar o galgamento, deve-se instituir o nível laranja.</li> </ul>	
	Galgamento da barragem iniciado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir imediatamente os extravasores</li> </ul>	Laranja QUADRO 4
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudar formas de esvaziar o reservatório antes que a barragem não suporte a carga de água</li> </ul>			
Falha dos sistemas de alerta e de aviso	Período seco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparar os sistemas imediatamente</li> <li>• Adquirir um meio de comunicação alternativo que permita contatar os envolvidos fora da usina</li> </ul>	Verde
	Período chuvoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquirir um meio de comunicação alternativo</li> <li>• Manter contato com a defesa civil para que o aviso, se necessário, seja comunicado pelo meio alternativo</li> <li>• Verificar previsões climáticas para a região</li> </ul>	Amarelo QUADRO 3
Ruptura da Barragem		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover a evacuação das áreas potencialmente inundáveis</li> <li>• Emitir os alertar e avisos previstos</li> </ul>	Vermelho QUADRO 5

FLUXOGRAMA QUADROS 1 2 3 4 5 APÊNDICES A B1 B2 C1 C2 C3 C4 D G

## **APÊNDICE E - DIVULGAÇÃO, TREINAMENTO E ATUALIZAÇÃO DO PEB**

Nesse item são definidas as reuniões de implantação, os exercícios de simulação para o treinamento e aperfeiçoamento do plano.

Os principais objetivos são:

- Divulgar os planos
- Treinar as equipes de respostas e a coordenação das mesmas;
- Testar a eficácia das ações e os recursos emergenciais;
- Estruturar a confiança dos profissionais de emergência;
- Identificar as possíveis falhas e corrigi-las;
- Identificar as possibilidades de melhoria das ações definidas;
- 

### **1 – Seminários de divulgação (Frequência: Quando necessário)**

Reuniões para divulgação dos planos a serem implantados e para informação de atualizações e modificações realizadas. Serão divididos em dois momentos:

- Primeiro momento: implantação do Plano de emergência da barragem, onde serão discutidos com a presença de todos os envolvidos, os procedimentos descritos, a organização, a metodologia e demais temas pertinentes ao plano.
- Segundo momento: Treinamento em sala através de palestras orientativas de como utilizar o plano .

### **2 - Simulado de Comunicação (Frequência: Anual)**

Avaliação da efetividade de todo o processo de comunicação (interna e externamente), com frequência anual. Verifica se a pessoa contatada é a apropriada para responder à emergência e qual seria a ação que ela tomaria, dada a natureza do risco.

### **3 - Simulado em Sala de Treinamento (Frequência: Bianual)**

Forma de se avaliar o conhecimento de todos os envolvidos, em suas respectivas atribuições para o controle da emergência, por meio de dramatização em sala, com frequência anual. Pode ser feito com a definição de uma situação emergencial, gerando discussões sobre as soluções a serem adotadas.

## **APÊNDICE F - CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO - BARRAGEM E VALE**

A área a jusante da UHE Peti, delimitada para este estudo, está compreendida entre o barramento e a área urbana do município de Nova Era. Nesse trecho, o rio Santa Bárbara e rio Piracicaba possuem uma extensão média de 79,6 km.

Ao longo do percurso do rio Santa Bárbara, nos primeiros quilômetros a jusante da barragem de Peti, apresenta declividades elevadas, passando por um trecho de cerca de 4 km com margens encaixadas e sem a presença pronunciada de zonas de inundação. Neste trecho, está localizada a subestação e a estação ecológica de Peti.

Cerca de 9 km a jusante, o rio Santa Bárbara cruza a ponte da BR 381 e entra na área urbana do município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

Após a cidade de João Monlevade, o rio Santa Bárbara encontra a confluência com o rio Piracicaba, que está localizada aproximadamente 50 km de Peti.

A 65 km da barragem, encontra-se a BR 381 novamente. A 4 km a jusante do cruzamento com a BR 381, o rio Piracicaba entra na cidade de Nova Era, onde o curso d'água possui uma calha fluvial mais larga, com planícies de inundação preenchidas por vegetação rasteira e ocupação urbana. O final do trecho delimitado para o presente estudo fica a cerca de 10 km a jusante da área urbana de Nova Era. Nesse ponto, o rio Piracicaba está bem encaixado com a BR 381 margeando o curso d'água em cotas bem superiores.

### **ESTUDOS DE INUNDAÇÃO**

A partir das análises numéricas realizadas, as conclusões apresentadas em CEMIG (2007b) são que, para a área urbana de São Gonçalo do Rio Abaixo, que está a cerca de 10 km a jusante, a cota máxima de inundação fica a mais de 2,5 metros acima do tabuleiro da ponte da BR-381. Com estes resultados pode-se inferir que a defluência do volume do reservatório da barragem de Peti é suficiente para causar níveis de inundação nesse município, superiores ao nível de cheias naturais. Da mesma maneira, a BR 381, na região da seção SB-03, fica comprometida, com profundidades de inundação superiores a 3,2 metros. Ainda para São Gonçalo do Rio Abaixo, o tempo de chegada da onda de cheia é de cerca de 1 hora.

Para a cidade de Nova Era, que está a mais de 70 km a jusante, a profundidade máxima de inundação é de 1,20 m acima da cota do tabuleiro da ponte (seção transversal SB-10), fazendo que mesmo esta área urbana receba os efeitos da ruptura da barragem. O tempo de chegada da onda de cheia na cidade de Nova Era é de mais de 5 horas.

FLUXOGRAMA

QUADROS

1

2

3

4

5

APÊNDICES

A

B1

B2

C1

C2

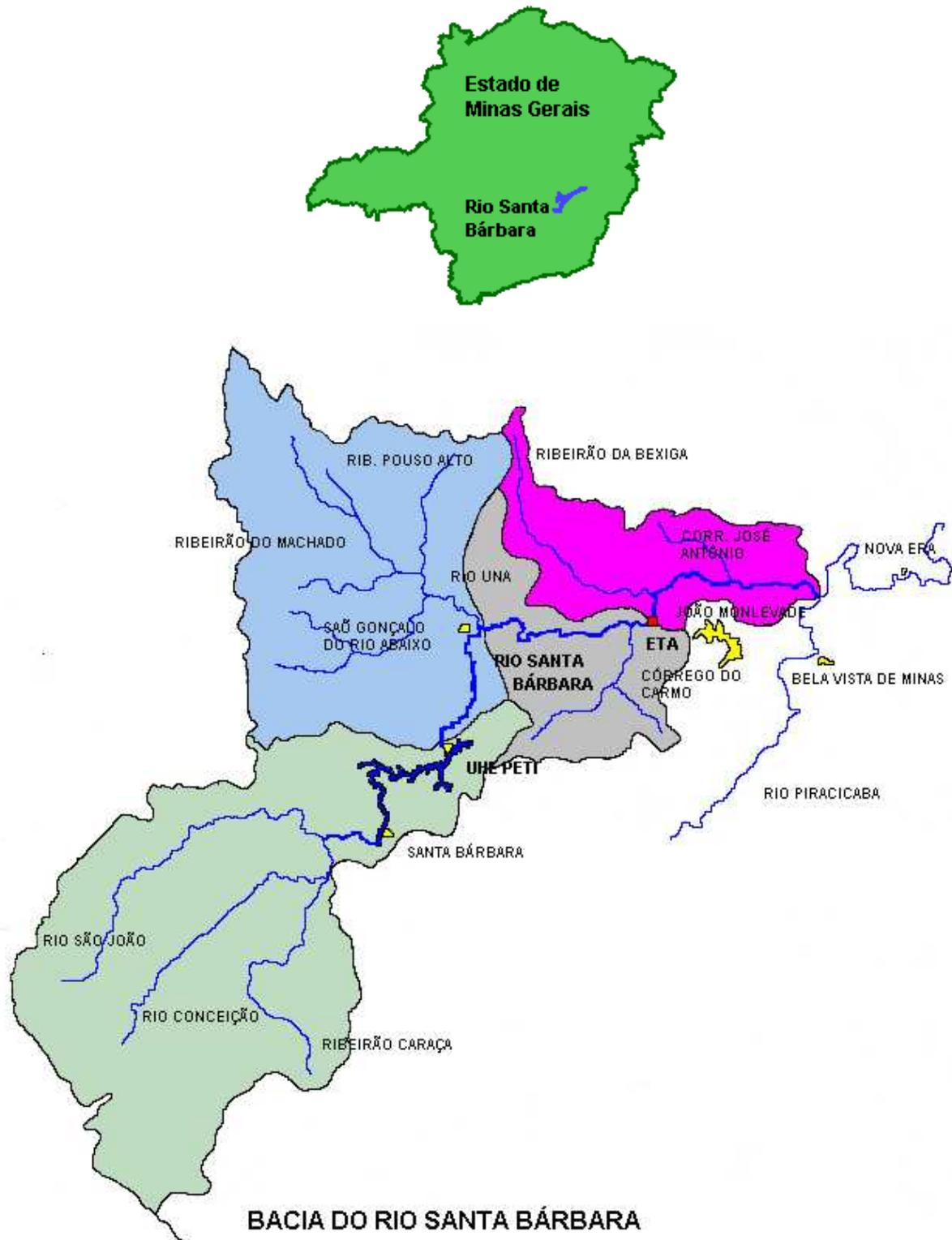
C3

C4

D

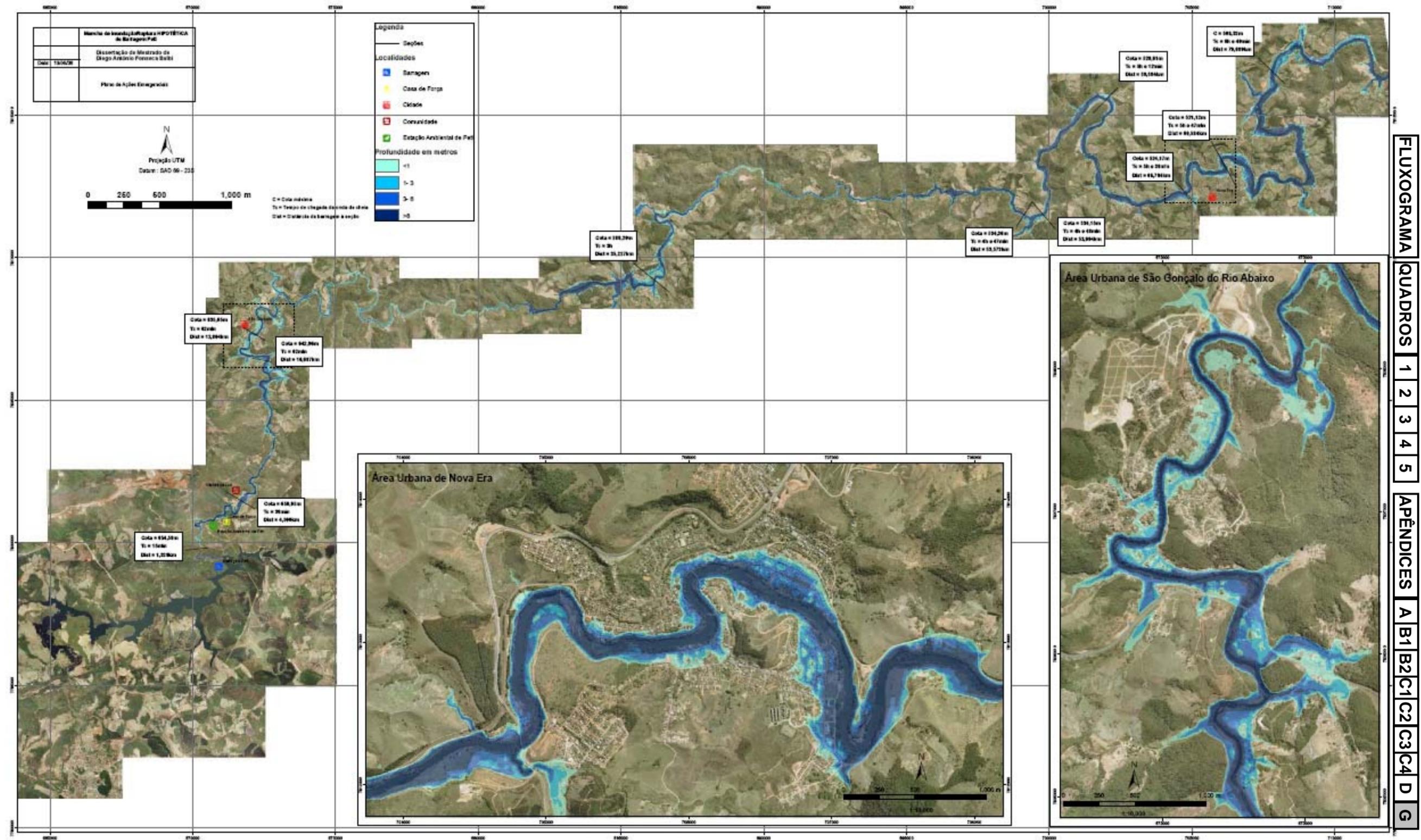
G

## LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM E DO VALE



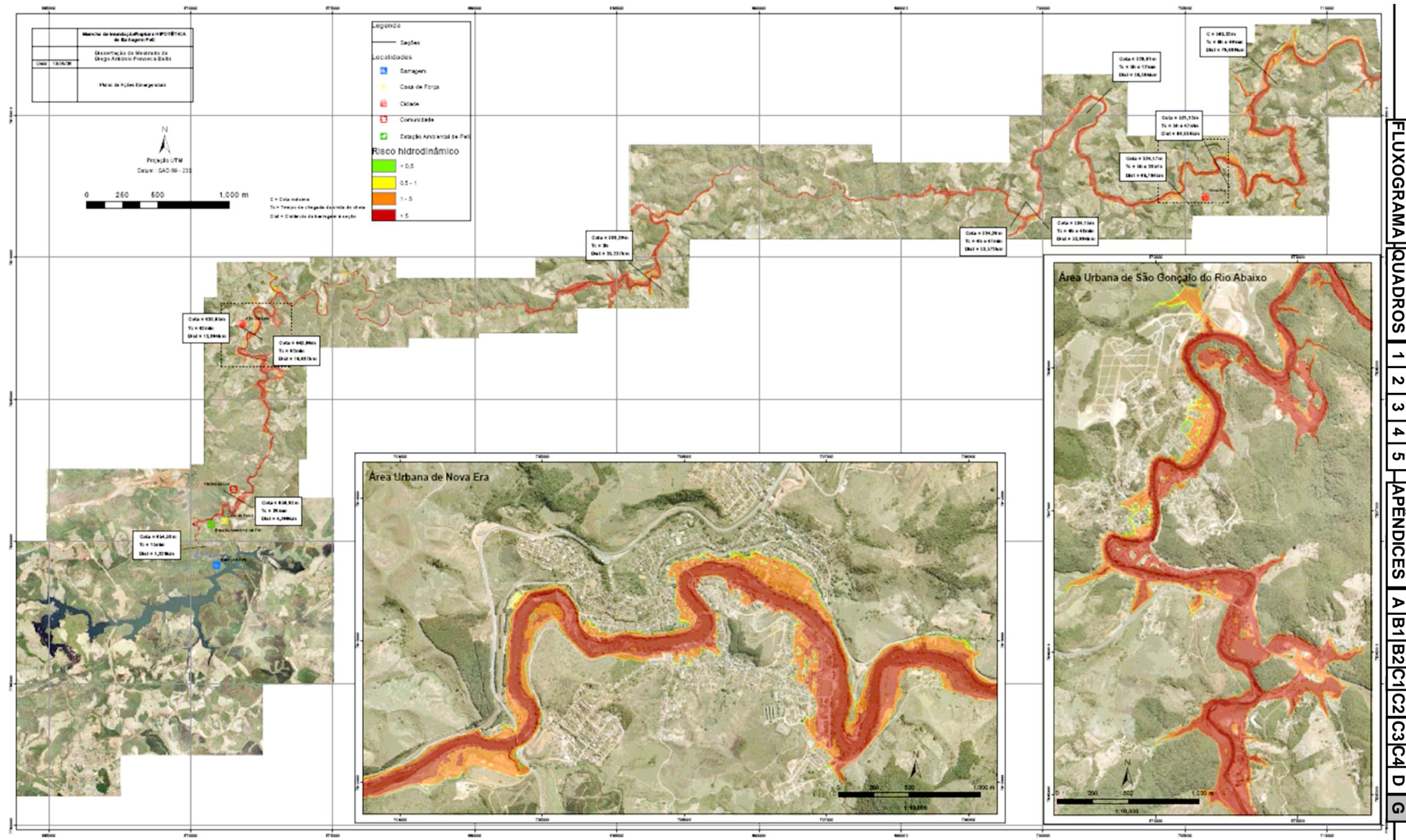
APÊNDICE G - MAPAS DE INUNDAÇÃO DO VALE A JUSANTE

MAPA DE PROFUNDIDADES DE INUNDAÇÃO



APÊNDICE G - MAPAS DE INUNDAÇÃO DO VALE A JUSANTE

MAPA DE RISCO HIDRODINÂMICO



## **7.2 Plano de Emergência Externo do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo**

### **7.2.1 Levantamento da situação no vale – Passo 1**

A partir do estudo de ruptura realizado no âmbito do PEB, é possível delimitar a área potencialmente inundada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo. A Figura 7.1 mostra um detalhe do mapa de inundação com foco na área central do município.

As Figuras E4 e E5 do ANEXO E mostram as localidades e pontos de interesse no vale a jusante de Peti até a área urbana de São Gonçalo. Essas figuras mostram ainda o mapeamentos das edificações que se encontram dentro da mancha de inundação. A Figura E6 mostra o mapa das ruas da área urbana central do município.

#### **7.2.1.1 Ocupação humana potencialmente atingida pela onda de ruptura**

A Tabela 7.5 indica o número de edificações potencialmente atingidas em cada localidade no município de São Gonçalo do Rio Abaixo. As residências do município são predominantemente de um pavimento em alvenaria na área urbana, com alguns poucos prédios de 3 ou 4 pavimentos. Existem diversas estruturas na área que requerem tratamento especial, como é o caso das escolas, hotéis, a cadeia, o posto de saúde e a APAE.

As edificações foram quantificadas utilizando-se o software de geoprocessamento para marcar as estruturas de interesse dentro da mancha de inundação representada sobre uma imagem aérea de alta resolução (ver Figuras E4 e E5 do ANEXO E). O geoprocessamento permite ainda associar atributos (dados tabulares) a cada ponto representado como por exemplo: proprietário da residência, telefone de contato, quantidade de moradores, pessoas portadoras de condições especiais etc. De forma a visualizar melhor as áreas de interesse foram utilizadas também as fotografias obtidas a partir de vôo de helicóptero fornecidas pela prefeitura. Exemplos dessas fotografias são mostrados no Anexo E.

Segundo dados do Programa de Saúde da Família do município, a população residente se distribui na área potencialmente atingida conforme apresentado na Tabela 7.6.

A aproximadamente 5 km da barragem de Peti está implantada uma captação de água industrial para suprimento da Mina de Brucutu, de propriedade da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), com capacidade de recalque de 2000 m<sup>3</sup>/h (ver Figura E4 do ANEXO E). A

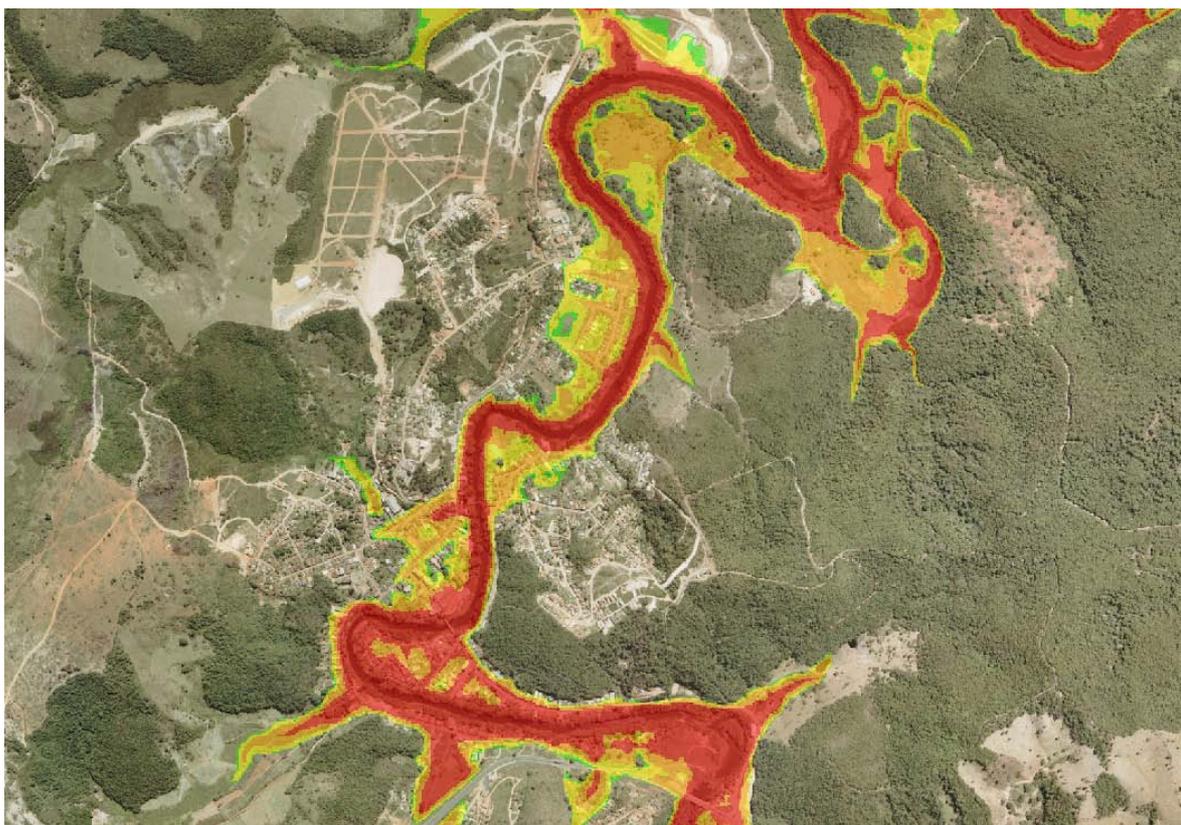
presença de pessoas no local é esporádica, estando quase sempre associada à manutenção nos equipamentos eletromecânicos.

**Tabela 7.5 – Edificações e ruas potencialmente atingidas por localidade**

<b>Localidade</b>	<b>Ruas</b>	<b>Edificações estimadas</b>
Várzea da Lua	-	8 casas
Malaquias	Rua José Malaquias	32 casas
Recreio	Rua Raimundo Benicio	2 postos de gasolina, 1 hotel
	Rua São Judas Tadeu	2 restaurantes
	Rua José Pedro Barcelos	1 escola municipal e 1 templo religioso
	Rua José Daco	27 casas
Belleus's	BR-381	1 restaurante e 5 casas
Niterói	Ruas Raimundo Félix Lobão	64 casas e 1 prédio
	Rua José D. Rodrigues	1 passarela sobre o rio
	Rua Domingo Gonçalves e Rua Berlim	Posto de saúde
Centro	Rua Henriqueta Rubim – Margem Direita	Delegacia e Cadeia pública civil
	Rua Henriqueta Rubim – Margem Esquerda	50 casas, 1 prédio
	Rua Farmacêutico José C. Pessoa	Prefeitura Municipal
	Rua do Rosário	Escola Estadual e Centro de cultura
	Rua José Pedro Barcelos e Rua Augusto Pessoa	5 casas, 1 prédio e 1 ponte
Piçarrão	Rua Monsenhor Torres	1 templo religioso
	Rua Emílio Gomes	25 casas e 1 prédio
	Rua Raimundo Mateus	APAE
	Rua Vereador Domingos Baiano	75 casas
Patrimônio	Rua Raimundo Oscar e Rua Januária	1 campo de futebol
	Rua Santa Efigênia	1 templo religiosos
	Rua Vereador Sávio Lacerda	2 templos religiosos
	Rua Padre Antônio	1 ponte
Patrimônio	Rua Cônego Jose Guimarães	1 quadra de esportes
		34 casas

**Tabela 7.6** – Distribuição populacional estimada nas áreas potencialmente em risco no município de São Gonçalo do Rio Abaixo

<b>Localidade</b>	<b>População Residente</b>
Várzea da Lua	16
Malaquias	147
Recreio	110
Belleus's	20
Niterói	286
Centro	406
Piçarrão	424
Patrimônio	266
TOTAL	1792



**Figura 7.1** – Mancha de inundação na área urbana do município de São Gonçalo

A PCH São Gonçalo não foi considerada no estudo por estar ainda em fase de projeto e licenciamento. Quando essa usina estiver em fase de implantação e implantada o PEB deverá ser atualizado levando em consideração a comunicação com o consórcio construtor e

operadores daquela usina, a fim de que eles se preparem para uma possível situação emergencial propagada pela UHE Peti. Convém lembrar que durante a construção da usina a população que vive em áreas de risco poderá aumentar consideravelmente, assim como a sobrecarga ao sistema de saúde municipal e das cidades da região.

#### 7.2.1.2 Aspectos sócios econômicos

Uma das principais atividades comerciais do município é a pecuária, com destaque para a pecuária leiteira, muito difundida entre pequenos e médios produtores locais. Estima-se em mais de 300 o número de propriedades rurais produtoras de leite no município, com o predomínio de pequenas propriedades com menos de 100 hectares. A atividade é importante geradora de renda e emprego no município, tendo inclusive impacto e desdobramentos na economia local. Percebe-se que boa parte de comércio local é movimentado pela renda gerada na produção pecuária.

A cultura de eucalipto cobre cerca de 20% do território de São Gonçalo do Rio Abaixo. Essa atividade se desenvolveu no município nas últimas décadas em resposta a demandas da empresa CENIBRA - Celulose Nipo-Brasileira S.A, localizada em Ipatinga, e, depois, da GERDAU, localizada em Barão de Cocais. Essa atividade não impacta na geração de empregos para o município, pois o plantio e colheita de eucaliptos é toda mecanizada.

O crescimento do setor de extração mineral vem sendo o grande dinamizador do desenvolvimento econômico, principalmente com a expansão da Mina de Brucutu. Como boa parte da mão de obra desse empreendimento é trazida de outros locais, espera-se um significativo crescimento populacional e econômico do município. Essa dinâmica exigirá constantes atualizações do PEE.

O setor de serviços é o grande gerador de empregos no município, predominando os estabelecimentos de pequeno porte, com algumas micro empresas, exercendo atividades no ramo de alimentação e vestuário.

#### 7.2.1.3 Saneamento

Os serviços de abastecimento de água, coleta de esgoto e drenagem urbana são gerenciados pelo próprio município através de departamento específico.

De acordo com Censo Demográfico de 2000, apenas 52% da população do município possui água canalizada, sendo o restante da população servida por poços artesianos e nascentes. Com

relação à população da zona rural, apenas 19% possui água canalizada. A Tabela 7.7 mostra a situação de abastecimento de água no município. A situação atual já é um pouco diferente, mas não há dados disponíveis.

**Tabela 7.7** – Quantidade de pessoas por tipo de abastecimento de água (SGRA, 2007)

<b>Abastecimento de Água</b>	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>	<b>Total</b>
Rede Geral	3568	843	4.411
Poço ou nascente	176	3761	3937
Outra forma	176	82	93
<b>Total</b>	<b>3.755</b>	<b>4.686</b>	<b>8.441</b>

A água canalizada a partir de nascentes é potável e considerada de boa qualidade e em quantidade mais do que suficiente para atender às residências conectadas ao sistema, segundo os dados da prefeitura. As redes urbanas são relativamente novas e atendem a praticamente 100% das residências da área urbana. Para a área rural, existem projetos de expansão.

Não existe tratamento de esgoto no município; na zona urbana, o esgoto é canalizado e despejado diretamente no rio. Na zona rural, parte da população utiliza fossas que, quando cheias, são descartadas para a construção de novas. Essa situação deverá ser considerada em planos de ações emergenciais específicos da área de saúde, pois durante inundações são comuns os surtos de doenças ocasionadas pela poluição dessas águas. A Tabela 7.8 apresenta a situação do município com relação às instalações sanitárias.

**Tabela 7.8** – Quantidade de pessoas atendidas por tipo de instalação sanitária (SGRA, 2007)

<b>Instalações Sanitárias</b>	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>	<b>Total</b>
Rede geral de esgoto	3.151	446	3.597
Fossa séptica	31	40	71
Fossa rudimentar	29	1.109	1.138
Outro escoadouro	533	2.435	2.968
Não tem inst.sanitária	11	656	667
<b>Total</b>	<b>3.755</b>	<b>4.686</b>	<b>8.441</b>

As primeiras redes de águas pluviais estão sendo instaladas agora, sendo que, atualmente, o município é atendido basicamente por canaletas, bueiros e rede coletora.

O lixo é coletado apenas na zona urbana do município, por caminhão tipo caçamba. Na zona rural, o lixo é queimado, enterrado e grande parte da população despeja o lixo nas águas ou locais baldios. A Tabela 7.9 mostra a situação da coleta de lixo no município. Atualmente, o lixo coletado é lançado em um lixão e há o projeto de um aterro sanitário para o município.

**Tabela 7.9** – Destino do lixo da população por número de pessoas (SGRA, 2007)

<b>Coleta de lixo</b>	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>	<b>Total</b>
Coletado	3.433	240	3.673
Queimado	254	4.023	4.277
Enterrado	-	102	102
Jogado terrenos e águas	58	236	294
Outros destinos	10	85	95
<b>Total</b>	<b>3.755</b>	<b>4.686</b>	<b>8.441</b>

#### 7.2.1.4 Educação

Com relação à educação, o município está subordinado à Superintendência Regional de Ensino de Nova Era. Conta com 17 escolas, sendo 04 escolas na zona urbana e 13 escolas na zona rural. Com relação à alfabetização, 82% da população é alfabetizada e 17,5% consta entre os não alfabetizados, considerando a faixa etária maior que 4 anos, conforme pode-se observar na Tabela 7.10. Na faixa etária de 10 a 19 anos, o índice de alfabetizados atinge níveis razoáveis, ficando em torno de 96%.

**Tabela 7.10** – Índices de alfabetização da população (SGRA, 2007)

<b>Faixa etária</b>	<b>Alfabetizado</b>	<b>Não alfabetizado</b>	<b>Total</b>
1 a 4 anos	-	842	842
5 a 9 anos	417	398	815
10 a 14 anos	826	36	862
15 a 19 anos	903	34	937
20 a 39 anos	2.543	176	2.719
40 a 59 anos	1.113	374	1.487
60 anos e mais	487	313	800
<b>Total</b>	<b>6.289</b>	<b>2.173</b>	<b>8.462</b>

Segundo informações levantadas, não existem grandes problemas no setor educacional, já que atende índices básicos, como quantidade e qualidade de professores, atendimento à demanda e disponibilidade de material e transporte escolar.

Alguns problemas de espaço para aulas que existiam estão sendo corrigidos com a ampliação de escolas já existentes e construção de uma nova escola de período integral.

Com relação ao curso superior, a cidade conta com um campus da Universidade Presidente Antonio Carlos, que oferece os cursos de Educação Física, Administração e Enfermagem. Nas cidades próximas de Itabira e João Monlevade também existem faculdades.

A situação do ensino mostra que campanhas de conscientização da população podem ser feitas por documentos escritos, como panfletos ou apostilas, já que grande parte é alfabetizada. As escolas são importantes locais de recepção de pessoas durante situações de crise. A melhoria da estrutura das escolas existentes e a construção de novas unidades virão a facilitar o manejo de desabrigados durante uma emergência.

#### 7.2.1.5 Plano Diretor Municipal

O Plano Diretor Municipal foi elaborado em 2007 e no que diz respeito às inundações estabelece que o Programa Municipal de Meio Ambiente deve priorizar o controle de cheias e inundações do rio Santa Bárbara e de seus afluentes, incluindo a utilização da capacidade de amortecimento dos reservatórios de Peti e PCH São Gonçalo (futuro).

Dentre as diretrizes estabelecidas, têm-se (SGRA, 2005):

- Recuperar a capacidade de escoamento das calhas dos rios, ribeirões, córregos de que compõem o sistema;
- Melhorar o nível de permeabilidade da bacia;
- Proteger as cabeceiras e margens de rios, ribeirões e córregos;
- Instituir o sistema de alerta, para eliminar ou amenizar as conseqüências das enchentes provenientes de chuvas torrenciais e catastróficas;
- Criar um sistema de drenagem eficiente, capaz de suportar as demandas de máxima cheia;

- Promover a apropriação das propostas efetuadas pelo Comitê da Bacia e pelo Plano Diretor da Bacia do Rio Santa Bárbara;
- Promover a apropriação das propostas dos estudos técnicos realizados pelas agências governamentais;
- Promover a apropriação das propostas contidas no Programa Municipal de Drenagem Urbana e Rural;
- Estabelecer os contextos estratégico e técnico para o programa de educação ambiental e organização comunitária para o gerenciamento dos recursos hídricos e os problemas das cheias; e
- Promover a instalação de rede de monitoramento e controle de cheias na bacia (pluviométrica, fluviométrica, linimétrica, batimétrica).

Com relação ao uso do solo, o Plano diretor estabelece limites que a ocupação da Zona Urbana obedecerá para proteção dos topos e das várzeas, essas últimas definidas em função da planície de inundação do rio Santa Bárbara. Neste caso, a cota referência é a 632,6 m.

As Áreas de Interesse Ambiental para a conservação da biodiversidade são constituídas por áreas que se localizam abaixo da cota altimétrica 632,6m, entre elas as faixas de terrenos correspondentes à várzea de inundação do rio Santa Bárbara, com 50m de largura, medidos a partir da crista do talude do curso d'água, sujeitas a enchentes, onde a ocupação deve ser restringida, devido aos riscos para a segurança das construções, que exercem o papel de corredor para a fauna, prevalecendo, em todas elas, sobre qualquer uso, o interesse da preservação ambiental, priorizando-se as ações de reassentamento da população de baixa renda residente no local (SGRA, 2005).

A fiscalização da ocupação ainda não é rigorosamente realizada, mas a aprovação de projetos encaminhados à prefeitura depende, dentre alguns fatores, do atendimento à política de uso e ocupação do solo. Além disso, para populações mais carentes, a prefeitura presta auxílio na construção de suas moradias, o que é negado quando solicitado em locais inadequados. Isso funciona, muitas vezes, como uma forma de controle.

## **7.2.2 Estruturas de apoio e Plano de Evacuação – Passo 2**

### 7.2.2.1 Saúde pública, assistência pré-hospitalar e atendimento médico e hospitalar

Esses aspectos são gerenciados pela Secretaria Municipal de Saúde. O município possui um centro de saúde localizado no centro da cidade que funciona como um Pronto Atendimento com 01 profissional médico de plantão 24 horas/dia. As instalações foram reformadas em 2006 e existem 6 leitos para atendimento. Além do médico plantonista, a população conta com o atendimento das seguintes especialidades: pediatria, ginecologia, oftalmologia, ortopedia e psiquiatria. Esses profissionais não estão presentes rotineiramente, realizando visitas em dias específicos. O serviço conta, ainda, com o suporte dos seguintes profissionais: 01 psicóloga, 01 fonoaudióloga, 01 terapeuta ocupacional e 01 nutricionista.

É oferecido apenas o serviço básico preparado para o primeiro atendimento, em casos de urgência ou emergência (primeiros socorros). Com relação à internação hospitalar, o município não possui serviço hospitalar e pactua suas AIH's (Autorização de Internação Hospitalar) com os municípios de João Monlevade, Itabira e Belo Horizonte. Há um projeto, na prefeitura, para transformar o centro de saúde em um Hospital de Pequeno Porte (HPP). O serviço oferecido é considerado “bom” pela prefeitura, e tem atendido bem à demanda local.

As equipes do PSF municipal possuem um total de: 3 médicos, 3 enfermeiras, 1 técnico de enfermagem, 5 auxiliares de enfermagem, 1 dentista, 1 Auxiliar de Consultório Dentário e 17 agentes comunitários de saúde. Essas equipes são responsáveis pelos serviços de atenção básica à população e trabalham em um total de 15 postos de saúde distribuídos na área urbana e nas áreas rurais.

O município possui um laboratório de análises clínicas e um bioquímico, que permite organizar o atendimento de exames de: Bioquímica, Microbiologia, Imunologia, Hematologia, Urinálise e Parasitológico. Os exames de maior complexidade são realizados fora do município.

Os procedimentos de saúde que não são oferecidos pelo município são encaminhados para Itabira (30 minutos), João Monlevade (30 minutos), Rio Piracicaba (30 minutos) e Belo Horizonte (2 horas). O transporte é feito por 2 ambulâncias novas e em bom estado de conservação.

De forma geral, não há falta de materiais e remédios para os atendimentos de rotina, já que existe um pequeno estoque que é repostado sob demanda a fornecedores previamente licitados. Foi informado que os produtos solicitados levam de 2 ou 3 dias para chegar. O centro de saúde não possui banco de sangue.

Os manuais de instrução ou apostilas especializadas sobre saúde disponíveis são os Protocolos de Atendimento fornecidos pelo Ministério de Saúde. Atualmente, estão sendo elaborados novos documentos adequados às rotinas locais.

Com base nesses dados, pode-se considerar que o sistema de saúde é bom para o primeiro atendimento de rotina à população.

Fato a ser ressaltado é a localização do centro de saúde na área de inundação, o que deverá ser tratado com a previsão de um local alternativo para atendimento a emergências durante desastres.

Outro serviço que pode ser levado em consideração no planejamento de emergências é o Serviço Voluntário de Resgate de João Monlevade – SEVOR, que presta socorro às vítimas de acidentes na cidade de João Monlevade e região. Criado em novembro de 2000, atualmente conta com médicos, técnicos em emergência médica, enfermeiros, técnicos de enfermagem, técnicos de segurança, bombeiros civis e socorristas (SEVOR, 2007). A sua capacidade de atendimento é limitada, já que não contam com muitos equipamentos especializados de atendimentos, como ambulâncias e outros básicos.

Alguns dos profissionais do PSF recentemente fizeram curso de primeiros socorros ministrado pela Cruz Vermelha em parceria com o SEVOR. Há a expectativa de que os demais participem de outros cursos como este.

A Mina do Brucutu, explorada pela Vale do Rio Doce, conta com serviços médicos para atendimento aos seus funcionários.

Em situações normais, o tempo de percurso entre João Monlevade, a Mina do Brucutu e o município de São Gonçalo é de aproximadamente 30 minutos.

#### 7.2.2.2 Transporte e equipamentos

Para auxílio a emergências, foi levantada a quantidade de veículos que a prefeitura possui e que podem ser utilizados em operações de busca e resgate, e transporte de feridos,

desabrigados e no processo de evacuação. Essa frota veicular é de 20 veículos leves, 2 camionetes, 7 ônibus, 3 microônibus, 5 vans, 2 ambulâncias e 4 caminhões. Estão disponíveis ainda: 1 trator de esteira, 2 pás carregadeira, 2 retro-escavadeiras, 2 moto-niveladoras, 1 caminhão basculante e 1 pipa, e 3 tratores (agrícolas).

Não existem geradores auxiliares de energia elétrica.

#### 7.2.2.3 Segurança pública

Com relação à estrutura para atendimento a emergências, a cidade não conta ainda com o Conselho Municipal de Defesa Civil (COMDEC) devidamente constituído, estando o mesmo em fase de implantação. Quando ações de corpo de bombeiros são necessárias, acionam-se os batalhões de João Monlevade ou de Itabira, que levam cerca de 30 minutos de deslocamento. A segurança pública é garantida com a presença de 12 policiais, apoiados por 3 viaturas (1 Blazer e 2 Palios). Dentre as diretrizes da política de segurança pública dispostas no Plano Diretor Municipal, e a serem futuramente implementadas, ressaltam-se:

- Delimitar e sinalizar as áreas de risco geológico e sujeitas a enchentes, bem como incluí-las na programação da defesa civil, objetivando o estabelecimento de medidas preventivas e corretivas;
- Adotar sistema de comunicação de emergência com populações de áreas sujeitas a catástrofes, treinando-as quanto aos procedimentos a serem adotados em caso de acidentes;
- Implantar sistema de controle e proteção dos bens municipais; e
- Incluir as áreas sujeitas a enchentes na programação da defesa civil, com o objetivo de estabelecer e implementar medidas preventivas e corretivas.

Essas diretrizes, apesar de dispostas no Plano Diretor, não possuem prazo determinado para sua realização.

#### 7.2.2.4 Abrigos provisórios e acampamentos

Não há experiência municipal com relação ao abrigo de desabrigados. Não há técnicos ou outros profissionais com experiência nessa área. Não há igualmente estoques estratégicos de equipamentos e meios de sobrevivência. Nos últimos desastres, os atingidos buscaram hospedagem com vizinhos e parentes. A prefeitura auxiliava os deslocamentos com o transporte. Houve a informação de que, na cheia de 79, alguns desabrigados foram alojados

no grupo escolar, mas não há detalhes sobre como isso foi realizado. A igreja não pôde ser usada como abrigo por proibição do padre à época.

Atualmente, o município conta com um ginásio poliesportivo, duas escolas e um centro pastoral que foram considerados possíveis locais de abrigo. Está em construção, ainda, uma escola com 14 salas de aula e um ginásio com previsão de conclusão para 2008. Não existem locais oficialmente destinados a desabrigados. Pode-se pensar na utilização dos prédios da Universidade Presidente Antonio Carlos, localizados em uma área não inundável.

#### 7.2.2.5 Plano de Evacuação (Zoneamento, rotas de fuga e pontos de encontro)

A área a ser evacuada foi dividida em zonas a fim de organizar o processo de evacuação. Os moradores, ou pessoas que se encontram em cada zona, devem ser levados a pontos de encontro específicos onde os meios de transporte necessários deverão estar aguardando a sua chegada.

Deve ser dada atenção especial às zonas cujas rotas de fuga atravessem pontos de inundação, principalmente onde o risco hidrodinâmico ameaça pessoas que se deslocam a pé. Essas zonas terão prioridade de evacuação.

As distâncias a serem percorridas não podem ser muito extensas. Pontos de afunilamento, como pontes e passarelas, devem ser identificados e as equipes que monitorarão o processo devem organizar o fluxo de pessoas a fim de agilizar a evacuação.

#### 7.2.2.6 Manejo de mortos

Os mortos que forem encontrados durante as ações deverão ser levados para o velório municipal que se encontra em área não afetada pela inundação.

#### 7.2.2.7 Acessos

O problema de isolamento da cidade será resolvido com a construção do novo acesso pela via Contorno Oeste (Figura 7.2), que poderá ser usado como rota de fuga e de recebimento de auxílio de outros municípios. Esse acesso ligará a cidade à BR-381 no trecho localizado entre São Gonçalo do Rio Abaixo e Belo Horizonte.



**Figura 7.2** – Novo acesso ao município pela BR-381

### **7.2.3 Identificação dos sistemas de comunicação – Passo 3**

O serviço de telefone do município é de concessão da Telemar e constitui a principal forma de comunicação local. A área urbana é bem atendida por redes de telecomunicação móveis do tipo GSM.

Os alto-falantes da igreja ainda estão em funcionamento, mas como têm área de atuação limitada, em função da distância que o som emitido atinge, sua utilização deverá se restringir à área urbana central.

O município conta com a Rádio Comunitária de São Gonçalo, que divulga informações locais e alerta às pessoas nas épocas de chuvas. A última pesquisa de audiência indicou que aproximadamente 80% da população da área urbana ouve preferencialmente essa rádio.

Será necessário adquirir rádios-comunicadores para a comunicação entre os agentes da Defesa Civil, agilizando o atendimento às emergências. No futuro deverão ser instalados sistemas de aviso, provavelmente sirenes.

#### **7.2.4 Ações de resposta a emergências a serem tomadas, responsáveis e fluxo de comunicação – Passos 4 e 5**

O foco do PEE é no salvamento das vidas das pessoas que estão nas áreas potencialmente atingíveis pela inundação. As principais ações empreendidas nesse sentido estão relacionadas ao:

- Alerta e Aviso - comunicação entre a operação da barragem e os agentes da Defesa Civil, entre estes, e entre a Defesa Civil e a população; e
- Evacuação - procedimentos para garantir o deslocamento das pessoas ameaçadas para locais seguros.

Os demais procedimentos a serem adotados em situações de emergências deverão ser previstos nos planos de contingências municipais, principalmente no que se refere à gestão de abrigos, reconstrução e treinamentos.

Um possível local a ser implantado o Centro de Operações de Emergência da Defesa Civil durante as crises é a casa onde são feitas as transmissões da rádio comunitária. Essa sugestão leva em consideração ter à disposição sistema de comunicação próprio (rádio AM), a sua localização em cota elevada e o acesso fácil a Belo Horizonte através da nova via contornooeste.

##### 7.2.4.1 Controle de cheias na UHE Peti – situação atual do processo de comunicação

A Cemig conta com Manuais de Procedimentos de Operação de seus reservatórios que visam ao controle de cheias de forma a amortecê-las, reduzindo os riscos e danos a jusante.

A seguir serão apresentados alguns itens constantes da Instrução para Controle de Cheias da PCH Peti (CEMIG, 2007a).

##### Tipos de situação operativa

As situações operativas do reservatório de Peti são classificadas em níveis de segurança por período hidrológico (CEMIG, 2007a):

- No período seco não há alocação de volume de espera:

- a. Normal: é a operação hidráulica na qual não existem riscos ou danos para o aproveitamento, para terceiros ou para o meio ambiente. não ha expectativa de violação de restrições operativas
  - b. Não normal: é a operação hidráulica na qual existem riscos ou danos para o aproveitamento, para terceiros ou para o meio ambiente ou, quando há perspectiva ou violação de restrições operativas, ou ainda quando há falta de comunicação entre a usina e os centros de operação.
- No período chuvoso há alocação do volume de espera:
    - c. Energética: é a operação hidráulica na qual não se ocupa o volume de espera. Não há danos ou riscos para o aproveitamento, terceiros ou meio ambiente.
    - d. Normal para controle de cheia: é a operação hidráulica na qual há ocupação de volume de espera, porém sem perspectiva de seu esgotamento. Não há perspectiva ou violação de restrições operativas.
    - e. Emergência: é a operação na qual existem riscos ou danos para o aproveitamento, para terceiros ou para o meio ambiente, ou quando há perspectiva de esgotamento do volume de espera e violação de restrições operativas, ou ainda quando há falta de comunicação entre a usina e o centro de operação.

O regime de operação é considerado em ALERTA quando:

$$NA \geq 711,50 \text{ metros ou vazão afluente } (Qa) \geq 250 \text{ m}^3/\text{s}$$

Essa vazão é considerada de restrição, pois estudos conduzidos pela Cemig permitiram constatar que, para vazões superiores a 300 m<sup>3</sup>/s, ocorrem transbordamentos na calha principal do rio e inundações nas áreas mais baixas na cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo, e o nível d'água atingir a estação ambiental de Peti (Ver mapa de localização das estruturas no Anexo E).

Na Instrução, existem, ainda, restrições e recomendações sobre a taxa de variação da vazão defluente, os procedimentos para manobra das comportas, orientações para o responsável pela operação manual das comportas no caso de perda de comunicação com a usina, a vazão mínima a jusante, e o nível d'água mínimo a montante.

## Procedimentos de comunicação

Já está prevista, na Instrução de Operação, a comunicação com as prefeituras de São Gonçalo do Rio Abaixo e de João Monlevade, com a Companhia Vale do Rio Doce - operação da Mina do Brucutu, com as defesas civis e com a imprensa.

Atualmente, quando há previsão de grandes defluências, existe um procedimento simplificado de comunicação entre as gerências responsáveis pelo monitoramento hidrometeorológico e de comunicação empresarial da Cemig e as comunidades, defesa civil e imprensa. Se houver falha na comunicação entre a usina e o centro de operações da Cemig, em Belo Horizonte, caberá à usina estabelecer os contatos necessários a jusante conforme previsto na Instrução.

Os parâmetros para comunicação estão classificados em três níveis baseados na previsão de defluências:

- Operação Normal ( $Q < 200 \text{ m}^3/\text{s}$ ): não há necessidade de comunicação;
- Operação Normal em Alerta ( $200\text{m}^3/\text{s} < Q < 250 \text{ m}^3/\text{s}$ ): comunicação depende da distribuição de chuva na bacia e da continuidade do evento hidrológico; e
- Operação Não Normal ( $Q > 250 \text{ m}^3/\text{s}$ ): a comunicação é necessária.

Embora estejam definidos momentos para emitir comunicados de alerta, estes não são padronizados e não existem formulários de notificação específicos.

### **7.2.5 Esboço do PAE – Passo 6**

**Este esboço, conduzido no âmbito desta dissertação, poderá servir de base para a elaboração do PEE final, cuja responsabilidade é da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil, a ser criada futuramente no município analisado.**

**As informações são colocadas como se fossem propostas pela própria COMDEC a fim de facilitar a sua utilização no futuro pela Defesa Civil.**

COORDENADORIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO

PLANO DE EMERGÊNCIA EXTERNO DO MUNICÍPIO DE SÃO  
GONÇALO DO RIO ABAIXO, EM CASO DE EMERGÊNCIA NA  
BARRAGEM DA UHE PETI

Junho de 2008

Preparado por:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Endereço: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Telefone:

Os mapas de inundação foram fornecidos pela concessionária proprietária da usina XXXXXXXXXXXXX

## LISTA DE DISTRIBUIÇÃO

<u>Entidade / Departamento</u>	<u>Número de cópias</u>
Coordenadoria Municipal de Defesa Civil Coordenador Executivo da COMDEC Chefe da área de Operações	2
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil Diretoria de Planejamento Centro de Controle de Emergências – CCE Diretoria Técnica	3
Prefeitura de São Gonçalo do Rio Abaixo Prefeito nononono nononono Secretário de planejamento urbano	2
Polícia Militar de Minas Gerais - SGRA Posto de polícia	1
Cemig Geração e Transmissão Operador da usina de Peti Coordenador Executivo do PAE da UHE Peti	2
Corpo de Bombeiros de João Monlevade Chefe nonon nononono	1
Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM Nononon nononon ononono nonono	1
Nnnnnnnn Nnnnnnnn Nnnnnn Nonononon Nnonono	X
<b>TOTAL</b>	<hr/> XX

## INDICE

- I. APRESENTAÇÃO
- II. REFERÊNCIAS
- 1 SITUAÇÃO
- 2 OBJETIVO
- 3 DIAGNÓSTICO
- 4 DESENVOLVIMENTO / EXECUÇÃO
  - 4.1 CRITÉRIOS / CONDIÇÕES PARA ACIONAMENTO
  - 4.2 ATRIBUIÇÕES E RESPONSÁVEIS
  - 4.3 PLANO DE AÇÕES (ALERTA E EVACUAÇÃO)
  - 4.4 REABILITAÇÃO
- 5 PREPARAÇÃO
- 6 ANEXOS
  - A. LISTAS DE RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS
  - B. FORMULÁRIOS-TIPO
  - C. LOCALIDADES AFETADAS, ROTAS, PONTOS DE ENCONTRO
  - D. ABRIGOS
  - E. MAPAS

## **I. APRESENTAÇÃO**

O presente documento constitui o esboço do PLANO DE EMERGÊNCIA EXTERNO DO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO (PEE/SGRA) para atender a uma situação de emergência estrutural ou hidráulica tendo origem na barragem da Usina Hidrelétrica de Peti (UHE Peti).

**Este esboço, conduzido no âmbito da dissertação de mestrado de Diego Antônio Fonseca Balbi, poderá servir de base para a elaboração do PEE final, cuja responsabilidade é da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil, a ser criada futuramente no município analisado.**

Este plano é um Projeto de Proteção de Populações contra Riscos de Desastres Focais, inserido no Programa para Preparação de Emergências e Desastres (PPED), como parte dos Planos Diretores previstos na Política Nacional de Defesa Civil. Deverá ser utilizado em conjunto com os Planos Operacionais e de Contingência municipais.

É da competência do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC) o desencadeamento das ações e atividades de Defesa Civil, envolvidas no presente planejamento, conforme previsto no Decreto Federal nº 5.376, de 17 de fevereiro de 2005.

Este PEE/SGRA deverá conjugar esforços dos três níveis de governo (Federal, Estadual e Municipais) e integrar os procedimentos de comunicação, aviso e alerta planejados nos Planos de Atendimento a Emergências Hidrológicas e de Barragens da UHE Peti, datados de XX/XX/XXXX.

## II. REFERÊNCIAS

- DECRETO FEDERAL nº 5.376, de 17 de fevereiro de 2005, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC e o Conselho Nacional de Defesa Civil
- DECRETO ESTADUAL nº 19.077 de 12 de fevereiro de 1978 - dispõe sobre a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, CEDEC, e o Fundo Especial para Calamidade Pública, FUNECAP
- DECRETO ESTADUAL nº 43.424 de 10 de julho de 2003 - dispõe sobre a organização do Gabinete Militar do Governador do Estado de Minas Gerais
- DECRETO FEDERAL nº 1080 de 08 de março de 1994 – que regulamenta o Fundo Especial para Calamidades Públicas (Funcap)
- PORTARIA FEDERAL nº 724 de 23 de outubro de 2002 – que dispõe sobre a Transferência de Recursos Federais Destinados às Ações de Defesa Civil
- RESOLUÇÃO FEDERAL nº 3 de 02 de julho de 1999 – que dispõe sobre o Manual para a Decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública
- MANUAL DE PLANEJAMENTO EM DEFESA CIVIL DA SECRETARIA DE DEFESA CIVIL DO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
- POLÍTICA NACIONAL DE DEFESA CIVIL – SECRETARIA DE DEFESA CIVIL DO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
- ORIENTAÇÃO SOBRE ATIVIDADES DE DEFESA CIVIL DA COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DE MINAS GERAIS
- LEI MUNICIPAL DE CRIAÇÃO DA COORDENADORIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL (**A SER ELABORADA E PROMULGADA**)

## **1 SITUAÇÃO**

O município de São Gonçalo do Rio Abaixo está localizado na Região Leste do Estado de Minas Gerais, microrregião do Médio Piracicaba, numa área de 365,78 Km<sup>2</sup>. Tem como principais vias de acesso a rodovia BR 262/381, sendo servido também pelas rodovias MG 129, MG 434 e MG 436. Limita-se com João Monlevade, Itabira, Barão de Cocais, Bom Jesus do Amparo e Santa Bárbara. A população de SGRA, de acordo com dados do IBGE, em 2005, era 8.555 habitantes. A área urbana do município está localizada a jusante da UHE Peti a aproximadamente 13 km do eixo da barragem.

A usina hidrelétrica de Peti está localizada na bacia do rio Santa Bárbara, no município de São Gonçalo do Rio Abaixo – Minas Gerais. Consta de uma barragem de concreto em arco simples, apoiada em suas extremidades em rocha. A crista da barragem está na elevação altimétrica 713,86 m, a altura máxima da estrutura é de 40 metros e o comprimento da crista é de 85 metros.

O funcionamento da UHE Peti no município de São Gonçalo do Rio Abaixo exige o planejamento de ações para fazer frente às eventuais situações de cheias propagadas pelos extravasores ou pela ruptura da barragem.

## **2 OBJETIVO**

Atender às necessidades de proteção e segurança da população e bens nas localidades do município de São Gonçalo do Rio Abaixo ao longo do vale do rio Santa Bárbara a jusante da barragem de Peti, quando em uma situação de cheia induzida por ela.

O objetivo deste plano é estabelecer as medidas não estruturais necessárias para minimizar os efeitos desta cheia induzida, permitindo a garantia da integridade física e moral da população, bem como preservar o patrimônio público e privado até o restabelecimento da normalidade.

Essas medidas contemplam essencialmente a manutenção do estado de prontidão das autoridades de defesa civil, o alerta à população em caso de emergência e o gerenciamento da evacuação das áreas de risco.

## **3 DIAGNÓSTICO**

A probabilidade de ruptura dessa barragem é extremamente remota. O Plano de Emergência da Barragem (PEB) assegura que qualquer condição ou situação insegura normalmente seja detectada precocemente e sejam acionados os procedimentos de reparo e monitoramento adequados. O reservatório é operado com a criação de volume de espera para o início do período chuvoso, para fins de amortecimento parcial de cheias. A previsão de propagação de cheias significativas ou a detecção de um evento que ameace a integridade física do barramento é imediatamente notificada às autoridades de proteção da população local.

## 4 DESENVOLVIMENTO / EXECUÇÃO

Para efeito de ativação desse plano, entende-se como situação crítica e emergencial, a ocorrência de situação anormal que coloque a barragem de Peti sob risco iminente de ruptura ou haja a previsão de vertimento de vazões extremas, cujo alarme será difundido pelo coordenador municipal de defesa civil, através da rádio comunitária e dos auto-falantes da igreja matriz.

### 4.1 Critérios para acionamento do plano

Para assegurar uma resposta ágil e apropriada a situações de emergência na barragem, o Plano de Atendimento a Emergências da UHE Peti prevê a comunicação externa em dois níveis: o Alerta e a Emergência.

O operador da barragem e os coordenadores do plano da barragem irão, ao detectar uma situação anormal ou uma emergência, tomar as ações imediatas necessárias para prevenir a ruptura e minimizar as perdas de vidas e propriedades a jusante. Dessa forma, os procedimentos de notificação terão por base as seguintes condições:

- **Alerta**

- um evento excepcional ocorreu e está ameaçando a segurança da barragem ou uma grande cheia natural está afluindo ao reservatório. As medidas preventivas e corretivas estão sendo tomadas. O reservatório deverá ser esvaziado e/ou haverá a propagação de grandes vazões no curso d'água. As medidas poderão ser eficazes e evitar uma emergência ou ineficazes e evoluírem para a ruptura da barragem.
- O Coordenador Executivo do PEB da UHE Peti irá notificar a Coordenador da COMDEC, que deverá notificar o Centro de Controle de Emergências (CCE) da CEDEC e alertar a comunidade de Várzea da Lua. O coordenador da COMDEC deverá ainda mobilizar os demais recursos humanos operacionais de defesa civil e tomar a decisão de iniciar ou não a evacuação das áreas potencialmente inundáveis. Todos os envolvidos deverão permanecer de prontidão para eventualmente entrarem em ação.

- **Emergência**

- As vazões de restrição foram ultrapassadas ou a ruptura da barragem é inevitável ou já ocorreu.
- O operador da barragem notifica a comunidade de Várzea da Lua e o Coordenador da COMDEC. O Coordenador da COMDEC notifica o CCE da CEDEC e inicia a evacuação das pessoas que vivem nas áreas de risco mapeadas.

## **Atribuições e responsáveis**

A coordenação geral, bem como as ações de mobilização, ficarão a cargo do senhor J, Coordenador Municipal de Defesa Civil;

O senhor X, Secretário Municipal de Educação, ficará responsável pelo alojamento das pessoas desabrigadas, utilizando a rede pública escolar municipal e sua estrutura, providenciando a alimentação, disciplina do alojamento e organização;

O senhor F, Secretário Municipal de Transportes, ficará responsável pelo organizar a utilização da frota de veículos da prefeitura, principalmente os ônibus e ambulâncias.

O senhor Y, Secretário Municipal de Obras ficará responsável pela organização das equipes responsáveis pela remoção dos desabrigados, transporte dos pertences e reabilitação das edificações atingidas;

O senhor Z, Secretário Municipal de Saúde ficará responsável pelo atendimento aos feridos utilizando todos os leitos do hospital e dos postos de saúde, convocando o quadro de saúde municipal, solicitando apoio se necessário, priorizando os enfermos, lactantes, idosos e crianças;

O senhor A, Comandante da Polícia Militar, ficará responsável pelo restabelecimento do trânsito, controle de acessos às áreas atingidas e prevenção de eventuais saques;

O senhor C, Chefe de Gabinete do Prefeito, ficará responsável por estabelecer contatos com os responsáveis da CEMIG e SAAE, para restabelecer as comunicações, energia e água potável;

A senhora P, Secretária Municipal de Assistência Social, ficará responsável pelo recebimento, armazenamento e distribuição dos donativos aos necessitados;

O engenheiro P, Diretor do Setor Técnico-Operativo da COMDEC, ficará responsável pela avaliação dos danos, levantamentos e vistorias em áreas atingidas pela inundação e confecção do AVADAN;

O Senhor Q, Secretário da Fazenda, centralizará as autorizações de aquisição de todo os materiais necessários, priorizando a aquisição de medicamentos e alimentação, bem como o recebimento de eventuais doações em dinheiro;

O Senhor V, Assessor de Imprensa da Prefeitura, deverá difundir dois boletins diários, bem como manter contato constante com a Cemig GT e os contatos previstos no PAE da UHE Peti, acompanhando a possibilidade de evolução do evento adverso ou desastre;

O Senhor T, Secretário Municipal de Administração, será o responsável pela confecção do NOPRED e do Decreto de Declaração de Situação de Emergência.

O senhor G, Secretário Municipal de Serviços Urbanos e Presidente do Conselho de Defesa Civil, coordenará os voluntários cadastrados ou que eventualmente se apresentarem, atendendo em especial às solicitações do secretário de obras, ficando também responsável por recolher os animais domésticos dos desabrigados.

A coordenação geral do plano e as ações de mobilização ficarão a cargo do coordenador municipal de Defesa Civil.

## 4.2 Mobilização das equipes

As equipes serão divididas em Grupos de ação e Grupos de apoio conforme abaixo:

- *Grupo de operações* – garante a ligação entre todas as equipes, mantém registro sobre a evolução da situação de emergência, define as zonas de atendimentos prioritários, quantifica os danos e inventaria os meios para o cumprimento da função;
- *Grupo de busca e salvamento* – responsável por avisar a população das áreas risco e conduzi-las com segurança, assegurando a evacuação daqueles que não conseguem se movimentar sozinhos;
- *Grupo de segurança* – tem o objetivo de restringir os acessos às áreas atingidas, patrulhar a área sinistrada, assegurar a manutenção da lei e da ordem pública e o tráfego pelas vias;
- *Grupo de saúde* – tem a missão de prestar os primeiros socorros às vítimas, garantir apoio médico aos deslocados e garantir as condições mínimas de salubridade, nas áreas atingidas e nos abrigos;
- *Grupo de Logística* – responsável por organizar a utilização dos meios de transporte, energia, comunicação, abastecimento, alojamentos. Deve ainda gerenciar os voluntários e encaminhá-los para as equipes adequadas;
- *Grupo de comunicação social* – define a estratégia de para difundir à população, pelos meios mais adequados, avisos, informações e medidas de auto-proteção e as ações que estão sendo tomadas pela defesa civil.

### **4.3 PLANO DE AÇÕES (ALERTA E EVACUAÇÃO)**

As atividades desenvolvidas no período de anormalidade estão voltadas para a resposta aos desastres e dividem-se nas fases de Prontidão e Resposta.

Quando ocorrer alguma situação excepcional na barragem, ou for detectado algum problema que possa induzir a uma inundação ao longo do rio, os responsáveis pela Usina de Peti irão notificar o Coordenador da COMDEC e o CCE da CEDEC.

A informação de anormalidade pode vir diretamente, através de um observador localizado próximo ao rio. Neste caso, a informação deverá ser confirmada com responsáveis pelo PEB da UHE Peti.

Após receber a informação e confirmá-la, o Coordenador da COMDEC deverá organizar o Posto de Comando (POC), que será estabelecido na sala de transmissão da rádio comunitária e, em caso de serem atingidos as localidades da área rural, o POC será nos respectivos Postos de saúde ou Templos religiosos da comunidade. Os próximos passos são:

**Se for notificada uma situação de ALERTA: SEGUIR PROCEDIMENTOS DO QUADRO 1**

**Se for notificada uma situação de EMERGÊNCIA: SEGUIR PROCEDIMENTOS DO QUADRO 2**

**QUADRO 1 - ALERTA****AÇÕES A SEREM TOMADAS EM CASO DE ALERTA**

<b>O QUE FAZER?</b>	<b>QUEM?</b>	<b>COMO?</b>
Testar os sistemas de comunicação Verificar o funcionamento dos dispositivos de aviso	Coordenador	
Convocar os recursos humanos internos e voluntários previstos no PEE	Coordenador	
Formar os grupos e equipes, por área de atuação	<u>Coordenador</u> Chefes de Grupos	Mobilizar os grupos conforme <b>Anexo A2</b>
Ficar de prontidão aguardando novas notificações da UHE Peti	Todos os envolvidos mobilizados	Se direcionar para os Postos de Comando
Avaliar a necessidade de evacuação das áreas de maior risco, em especial a comunidade de Várzea da Lua	Coordenador	Manter contato com a operação da usina
Iniciar aviso e estabelecer início do processo de evacuação onde julgar necessário	Coordenador	Acionar dispositivos de aviso e delegar tarefas ao grupo de comunicação social
Iniciar transmissão das mensagens de alerta	Grupo de comunicação social	Via rádio e televisão – Seguir modelo do ANEXO B2
Proceder a evacuação – a necessidade deverá ser avaliada pela Defesa Civil	Grupo de busca e salvamento	Seguir procedimentos de evacuação e Plano de Evacuação - E2

## QUADRO 2 - EMERGÊNCIA

### AÇÕES A SEREM TOMADAS EM CASO DE EMERGÊNCIA

O QUE FAZER?	QUEM?	COMO?
Acionar sistemas de aviso	Coordenador	Sirenes fixas, carros de polícia que vão ao local
Divulgar informações à população	Grupo de comunicação	Auto-falantes da igreja e rádio comunitária, ligações telefônicas
Convocar os recursos humanos internos e voluntários previstos no PEE	Coordenador	utilizar <b>Anexo A1 e A2</b>
Formar os grupos e equipes, por área de atuação	Coordenador	Seguir orientações dos <b>Anexos A</b>
Liberar as vias de evacuação	Grupo de segurança	Verificar relação de rotas de fuga no <b>Anexo D</b>
Bloquear acessos às áreas potencialmente atingidas	Grupo de segurança	Verificar mapa de inundação do <b>Anexo E</b>
Iniciar processo de evacuação das áreas de risco	Grupo de busca e salvamento	Seguir Procedimentos de Evacuação
Enviar meios de transporte para receber as pessoas nos pontos de encontro	Grupo de operações Grupo de logística	Lista de motoristas no <b>Anexo A2</b>
Promover a triagem	Grupo de logística	Direcionar para relocação temporária ou atendimento médico
Promover atendimento médico e hospitalar a vítimas	Grupo de Saúde	Ativar um Posto de Atendimento de Emergência na Faculdade XX
Fornecer água potável, alimentos e material para sobrevivência	Grupo de Logística	
Operacionalizar abrigos provisórios e montar acampamentos emergenciais	Grupo de Logística	
Manejo de Mortos e sepultamento	Grupo de Logística	Encaminhar os mortos para o velório para identificação
Emitir o NOPRED	Grupo de operações	Preencher formulário do <b>Anexo B2</b> e enviar pela Internet para a CEDEC

## PROCEDIMENTOS DE EVACUAÇÃO

A Evacuação deverá ser conduzida pelo grupo de Busca e Salvamento, mediante ordem do grupo de Operações, e seguirá os seguintes procedimentos:

- O Grupo deverá ser dividido em 15 equipes e separadas por sub-áreas conforme Plano de Evacuação do Anexo E2
- Executarão incursões nas áreas a serem evacuadas, determinando que as pessoas se desloquem para os “Pontos de encontro” estabelecidos na relação do Anexo C e mostrados no Anexo E2.
- Conduzir as pessoas aos pontos de encontro indicados no Anexo C e mostrados no Anexo E2.
- Proceder ao resgate e ao transporte de pessoas que se encontrarem com dificuldades de locomoção.
- Vistoriar a área definida para ser evacuada a fim de identificar desavisados.
- Informar ao Grupo de Operações se ainda há pessoas a serem removidas.
- Receber e agrupar a população e conduzir as pessoas para os meios de transporte.

## RECEPÇÃO E EMBARQUE

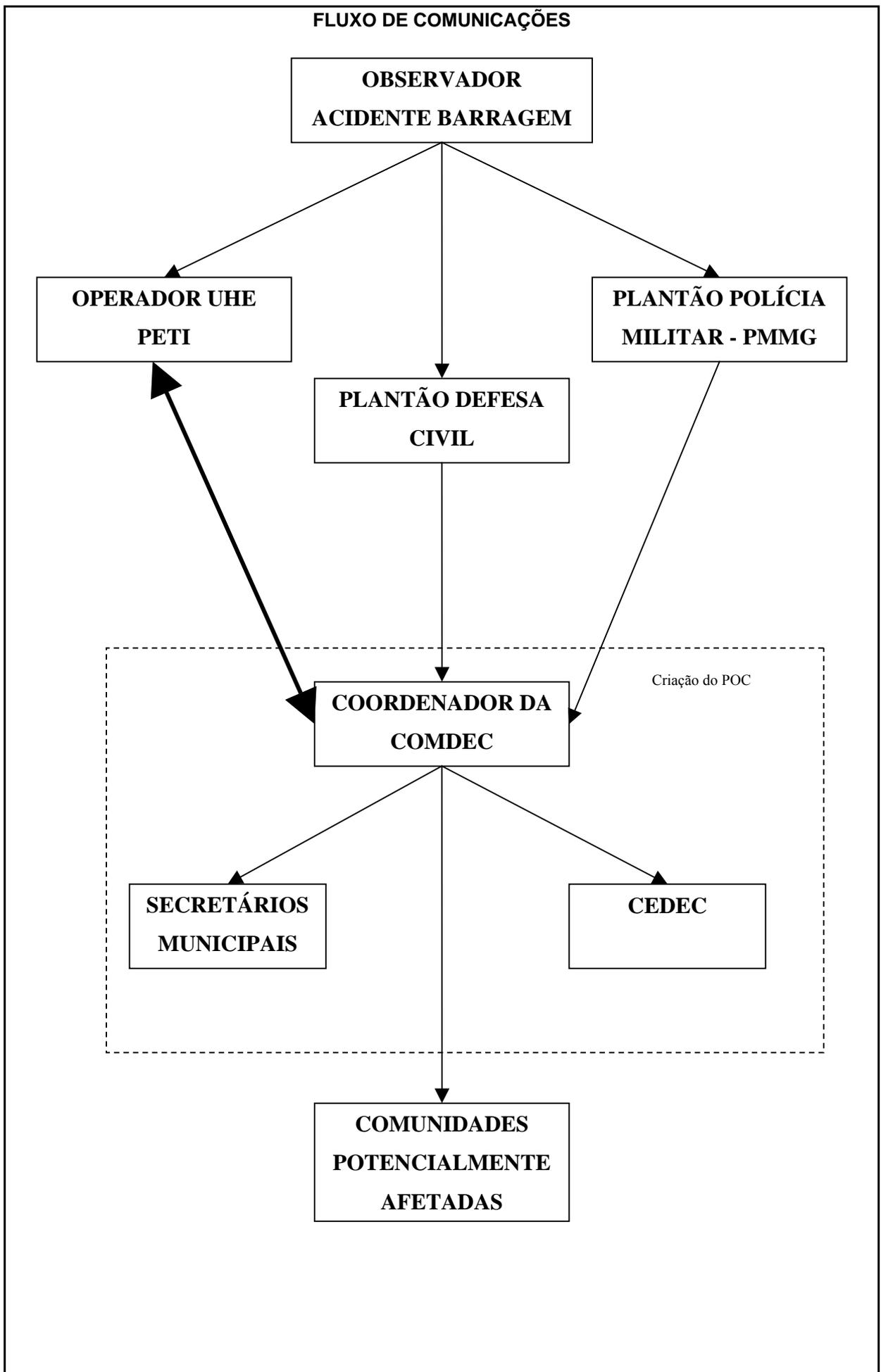
O grupo de Operações deverá acionar o setor de Transportes do Grupo de Logística para enviar os meios de transporte necessários para os pontos de encontro, com pelo menos um membro do Grupo de logística. O Grupo de Logística deverá seguir os seguintes procedimentos:

- Enviar quantidade suficiente de transportes para o número previsto de afetados na área a ser evacuada, conforme planilha do **Anexo C**;
- O envio de transporte deverá seguir a ordem dos nomes das áreas a serem evacuadas;
- Posicionar os ônibus nos Pontos de Encontro;
- Anotar o número do ônibus, nome do motorista e abrigo de destino;
- Informar ao grupo de Operações quantos, quais e os destinos de todos os veículos que partirem levando a população removida;
- Registrar e informar o número de desabrigados transportados.

## DIVULGAÇÃO DE INFORMAÇÕES AO PÚBLICO

Somente o Prefeito, o chefe de gabinete ou pessoa previamente designada poderão dar entrevistas a imprensa sobre o evento.

As comunicações de emergência à população serão realizadas pelo grupo de comunicação.



## **5 PREPARAÇÃO**

Diferentemente das inundações naturais que ocorrem sazonalmente, as cheias induzidas por barragens podem ocorrer fora da estação chuvosa. As principais ações a serem tomadas na fase anterior a um desastre dizem respeito a manter as pessoas e os recursos materiais preparados para o caso de uma situação emergencial, mesmo na estação seca.

A Prontidão, ou Preparação, prevista no plano de contingências é obtida através de:

- Intervenções e avaliações anteriores ao desastre;
- Testes, Treinamentos e Revisões nos procedimentos planejados.

### **5.1 Intervenções e avaliações**

São ações necessárias para tentar minimizar os danos decorridos de uma inundação:

- Mapeamento e adequação de abrigos, inclusive limpeza e organização dos mesmos
- Vistoria dos locais de risco pré-mapeados
- Alerta à população para não obstruírem as estruturas de drenagem a fim de melhorar o escoamento pluvial
- Acompanhamento dos boletins meteorológicos
- Manutenção dos sistemas de comunicação com a UHE Peti
- Reuniões da COMDEC, de forma sistemática. A COMDEC dispõe de sede própria no edifício da prefeitura
- Criação de grupos de cooperação entre moradores dos locais de risco - NUDECs
- Divulgação para a população dos procedimentos de ações durante emergências:
  - o O sistema de aviso e alerta
  - o Ações preventivas
  - o Os meios de evacuação
  - o Os abrigos preparados
- Fiscalização de construções em áreas de risco para fins de prevenção.

### **5.2 Treinamentos, Revisão e Atualização**

- Atualizar as listas de recursos humanos e materiais no mínimo anualmente e, sempre que necessário
- Conduzir cursos, seminários, exercícios e simulados para
  - o manter os envolvidos preparados
  - o testar os sistemas de aviso e de comunicação
  - o avaliar o funcionamento do plano
- Revisão periódica anual do plano e seus procedimentos

6 ANEXOS

A. LISTAS DE RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS

A1 – Contatos Internos

A2 – Recursos Humanos Internos

A3 – Recursos Humanos Recrutáveis

A4 – Contatos Externos

A5 – Recursos Materiais

B. FORMULÁRIOS-TIPO

B1 – Ficha de Cadastro de Afetados

B2 – NOPRED

B3 – Mensagens de Alerta

C. LOCALIDADES AFETADAS, ROTAS E PONTOS DE ENCONTRO

D. ABRIGOS

E. MAPAS

E1 – Mapa de inundação

E2 – Plano de evacuação

**A1 - CONTATOS INTERNOS**

NOME	EQUIPE	FUNÇÃO	CARGO	TEL. COMERCIAL	TEL. PARTICULAR	CELULAR
NONONO NOO	GRUPO DE OPERAÇÕES	COORDENADOR	COORDENADOR DA COMDEC			
NANANANA	GRUPO DE OPERAÇÕES	SECRETÁRIO EXECUTIVO	SECRETÁRIO EXECUTIVA DA COMDEC			
SENHOR XX	GRUPO DE OPERAÇÕES		PREFEITO			
SENHOR X	GRUPO DE LOGÍSTICA	ALOJAMENTOS	SECRETARIO DE EDUCAÇÃO			
SENHOR Y	GRUPO DE OPERAÇÕES		SECRETÁRIO DE OBRAS			
SENHOR Z	GRUPO DE SAÚDE		SECRETÁRIO DE SAÚDE			
SENHORA A	GRUPO DE SEGURANÇA		COMANDANTE DA POLÍCIA MILITAR			
SENHOR C	GRUPO DE OPERAÇÕES		CHEFE DO GABINETE DO PREFEITO			
SENHORA P	GRUPO DE LOGÍSTICA		SECRETARIA DE ASSISTÊNCIA SOCIAL			
ENGENHEIRO	GRUPO DE OPERAÇÕES		COMDEC DIRETOR TÉCNICO OPERATIVO			
SENHOR Q	GRUPO DE LOGÍSTICA	RECURSOS FINANCEIROS	SECRETARIO DA FAZENDA			
SENHOR V	GRUPO DE COMUNICAÇÃO SOCIAL	COMUNICAÇÃO	ACESSOR DE IMPRENSA			
SENHOR T	GRUPO DE OPERAÇÕES	RELATÓRIOS	SECRETARIO DE ADMINISTRAÇÃO			
SENHOR F	GRUPO DE LOGÍSTICA	RESPONSÁVEL PELOS TRANSPORTES	SECRETÁRIO DE TRANSPORTES			
SENHOR G	GRUPO DE BUSCA E SALVAMENTO		SECRETARIO DE SERVIÇOS URBANOS			

**A2 - RECURSOS HUMANOS INTERNOS**

<b>GRUPO</b>	<b>NOME</b>	<b>FUNÇÃO</b>	<b>TEL. COMERCIAL</b>	<b>TEL. PARTICULAR</b>	<b>CELULAR</b>
	NONONO NOO				
	NOONONOO NONO				
	NANANANANA NANA				
	NONONO NOO				
	NOONONOO NONO				
	NANANANANA NANA				
	NONONO NOO				
	NOONONOO NONO				
	NANANANANA NANA				
	NONONO NOO				
	NOONONOO NONO				
	NANANANANA NANA				
	NONONO NOO				
	NOONONOO NONO				
	NANANANANA NANA				

**A2 - RECURSOS HUMANOS INTERNOS**

<b>FUNÇÃO</b>	<b>NOME</b>	<b>SECRETARIA/ EQUIPE</b>	<b>TEL. COMERCIAL</b>	<b>TEL. PARTICULAR</b>	<b>CELULAR</b>
MOTORISTA ÔNIBUS	NONONO NOO				
MOTORISTA ÔNIBUS	NOONONO NONO				
MOTORISTA ÔNIBUS	NANANANA NANA				
MOTORISTA ÔNIBUS	NONONO NOO				
MOTORISTA AMBULÂNCIA	NOONONO NONO				
MOTORISTA AMBULÂNCIA	NANANANA NANA				
MOTORISTA AMBULÂNCIA	NONONO NOO				
MOTORISTA CAMINHÃO	NOONONO NONO				
MOTORISTA TRATOR	NANANANA NANA				
AGENTE PSF	NONONO NOO	RECREIO			
AGENTE PSF	NOONONO NONO	CENTRO			
AGENTE PSF	NANANANA NANA	MALAQUIAS			
AGENTE PSF	NONONO NOO				
CONSELHO TUTELAR	NOONONO NONO				
	NANANANA NANA				



**A4 - CONTATOS EXTERNOS**

<b>ENTIDADE</b>	<b>LOCALIDADE</b>	<b>NOME</b>	<b>FUNÇÃO</b>	<b>CONTATOS</b>
POSTO DE SAÚDE -	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO		CHEFE	
MINA DE BRUCUTU – CVRD	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO		ENGENHEIRO RESPONSÁVEL	
CAPTAÇÃO DE AGUA DA VALE DO RIO DOCE	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO		OPERADOR	
SAAE	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO		ENGENHEIRO RESPONSÁVEL	
LOCADORA DE EQUIPAMENTOS	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO		PROPRIETÁRIO	
DEFESA CIVIL ESTADUAL	BELO HORIZONTE		CENTRO DE OPERAÇÕES DE EMERGÊNCIA	
PREFEITURA MUNICIPAL	JOÃO MONLEVADE		PREFEITO	
HOSPITAL MARGARIDA	JOÃO MONLEVADE		CHEFE	
DEFESA CIVIL –COMDEC	JOÃO MONLEVADE		COORDENADOR	
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR	ITABIRA		PLANTÃO	
POLICIA MILITAR	SANTA BÁRBARA		PLANTÃO	
CEMIG	USINA DO PETI		OPERADOR DO TURNO	
CEMIG	IPATINGA – SEDE REGIONAL		COORDENADOR EXECUTIVO DO PAE DA UHE PETI	
CEMIG	JOÃO MONLEVADE		SUPERVISOR DA DISTRIBUIÇÃO	
TELEMAR				

### A5 – RECURSOS MATERIAIS

MATERIAL/EQUIPAMENTO	QUANT./ CAPACIDADE	PROPRIETÁRIO/FORNECEDOR	LOCAL	CONTATOS
ÔNIBUS	7	PREFEITURA		
VANS/MICROÔNIBUS	8	PREFEITURA		
AMBULÂNCIA	2	PREFEITURA		
CAMINHONETES	2	PREFEITURA		
CAMINHÃO	4	PREFEITURA		
GERADOR DIESEL	200 KVA	LOCADORA DE EQUIPAMENTOS	SÃO GONÇALO	
CONES		PREFEITURA		
CAVALETES		PREFEITURA		
LONA		PREFEITURA		
FERRAMENTAS		PREFEITURA		
HOLOFOTES		PREFEITURA		
TRATOR AGRÍCOLA	3	PREFEITURA		
TRATOR DE ESTEIRA	1	PREFEITURA		
RETROESCAVADEIRA	2	PREFEITURA		
MOTO-NIVELADORA	2	PREFEITURA		
CAMINHÃO BASCULANTE	1	PREFEITURA	SÃO GONÇALO	
CAMINHÃO PIPA	1	PREFEITURA		
PÁ CARREGADEIRA	2	PREFEITURA	SANTA BÁRBARA	
BOMBA SUBMERSÍVEL		VALE	MINA DO BRUCUTU	
EQUIPAMENTOS DE TERRAPLENAGEM		VALE	MINA DO BRUCUTU	
BARCO		CEMIG	USINA DO PETI	
COMBUSTÍVEIS LUBRIFICANTES		FORNECEDOR	SÃO GONÇALO	
SACOS DE LINHAGEM				
SINALIZADOR NOTURNO				
CORDA				
GARRAFAS DE ÁGUA				



**B2 – NOPRED****SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL – SINDEC****NOTIFICAÇÃO PRELIMINAR DE DESASTRE - NOPRED**

<b>1 - Tipificação</b>		<b>2- Data de Ocorrência</b>			
Código	Denominação	Dia	Mês	Ano	Horário

<b>3- Localização</b>	
UF	Município

<b>4 - Área Afetada - Descrição da Área Afetada</b>
---

<b>5 - Causas do Desastre - Descrição do Evento e suas Características</b>
--

<b>6 - Estimativa de Danos</b>					
<b>Danos Humanos</b>	<b>Número de Pessoas</b>	<b>Danos Materiais</b>	<b>Número de Edificações</b>		
			<b>Danificadas</b>	<b>Destruidas</b>	
Desalojadas		Residenciais			
Desabrigadas		Públicas			
Deslocadas		Comunitárias			
Desaparecidas		Particulares			
Mortas		<b>Serviços Essenciais</b>	<b>Intensidade do Dano</b>		
Enfermas			<b>Danificadas</b>	<b>Destruidas</b>	
Levemente Feridas		Abastecimento de Água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Gravemente Feridas		Abastecimento de Energia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Afetadas		Sistema de Transporte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Sistema de Comunicações	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

<b>7 - Instituição Informante</b>			<b>Telefone</b>		
Nome do Informante	Cargo	Assinatura / Carimbo	Dia	Data	Ano
				Mês	

<b>8 - Instituições Informadas</b>	
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC	<input type="checkbox"/>
Coordenadoria Regional de Defesa Civil - CORDEC	<input type="checkbox"/>

SECRETARIA DE DEFESA CIVIL - SEDEC Esplanada dos Ministérios - Bloco "E" - 7º Andar Brasília/DF 70067-901	Telefones - (061) 223 – 4717 (061) 414 – 5802 (061) 414 – 5806 Telefax - (061) 226 – 7588
--	--

### **B3 – MENSAGENS DE ALERTA PADRÃO**

#### **MENSAGEM DE ALERTA**

A Coordenadoria de Defesa Civil do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo alerta que devido às condições da Barragem de Peti no Rio Santa Bárbara, a população deverá evitar as áreas próximas ao rio desde a barragem até o município de Nova Era. Fiquem atentos para outras informações.

\*\*\*REPETIR PERIODICAMENTE\*\*\*

#### **MENSAGEM DE EVACUAÇÃO:**

A Coordenadoria de Defesa Civil do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo está avisando a todos os moradores que vivem a jusante da Barragem de Peti que evacuem a área imediatamente. Evacuem a área compreendida pelas localidades  (ler LOCALIDADES, DETALHAMENTO e PONTO DE ENCONTRO no ANEXO C a seguir) . Se você necessitar de abrigo durante essa emergência você deverá se reportar aos Agentes da Defesa Civil dispostos nos pontos de encontro .

\*\*\*REPETIR PERIODICAMENTE\*\*\*

#### **INCIDENTE RESOLVIDO – SEGURO PARA RETORNAR**

A Coordenadoria de Defesa Civil do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo está avisando aos moradores da área a jusante da Barragem de Peti que o problema na barragem foi resolvido e que os moradores podem retornar aos seus lares.

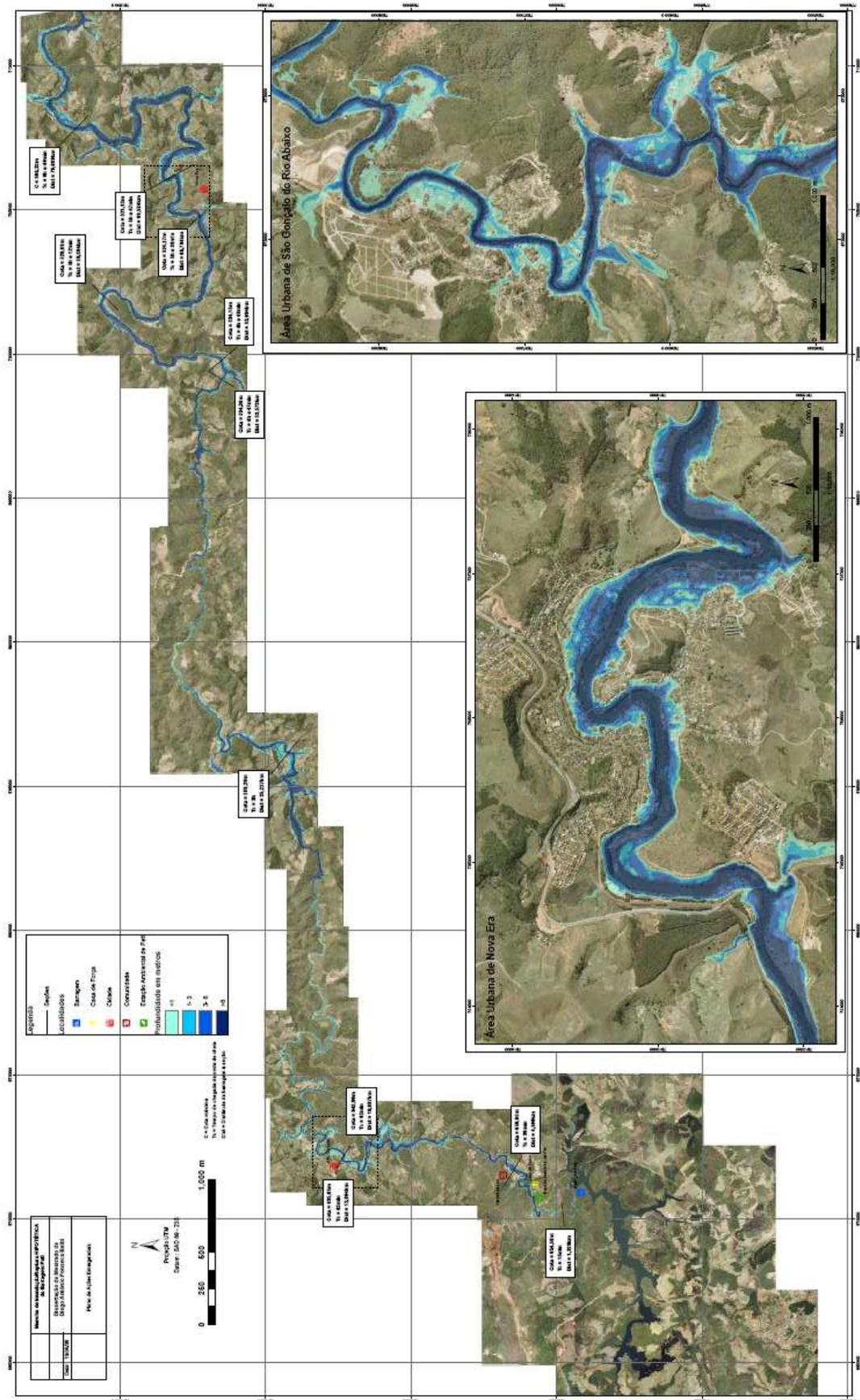
\*\*\*REPETIR PERIODICAMENTE\*\*\*

**C – LOCALIDADES AFETADAS, ROTAS E PONTOS DE ENCONTRO**

<b>LOCALIDADE</b>	<b>DETALHAMENTO</b>	<b>NÚMERO PREVISTO DE AFETADOS</b>	<b>ROTA DE FUGA</b>	<b>PONTO DE ENCONTRO</b>	<b>ABRIGO PREVISTO</b>	<b>TEMPO DE CHEGADA DA ONDA (min.)</b>	<b>DISTÂNCIA DO COE (km)</b>
Várzea da Lua	-	16	Seguir para cotas mais elevadas		Casas de amigos e familiares	< 15	
Malaquias	Rua José Malaquias	147				< 60	
	Rua Raimundo Benício Rua José Daco Rua São Judas Tadeu Rua José Pedro Barcelos Rua Augusto Pessoa	110	Seguir para cotas mais elevadas pelas ruas José Daco e Raimundo Benício			< 60	
Recreio	Rua Augusto Pessoa	20				< 60	
Belleus's	BR-381						
	Ruas Raimundo Félix Lobão Rua José D. Rodrigues Rua Domingo Gonçalves Rua Berlim	286				< 60	
Niterói							
	Rua Henriqueta Rubim – Margem Direita	220	São Manoel e Antônio da Manoela				
	Rua Henriqueta Rubim – Margem Esquerda Rua Farmacêutico José C. Pessoa Rua do Rosário Rua José Pedro Barcelos	40	Ruas São Manoel e Antônio da Manoela				
Centro	Rua Monsenhor Torres Rua Emílio Gomes Rua Raimundo Mateus Rua Vereador Domingos Baiano Rua Raimundo Oscar Rua Januária	146	Monsenhor Torres e escadaria da Igreja Matriz	Igreja Matriz		< 60	
Piçarrão	Rua Santa Efigência Rua Vereador Sávio Lacerda Rua Padre Antônio Rua Cônego Jose Guimarães	424	Rua Januária	Ginásio Poliesportivo		< 60	
Patrimônio		266	Ruas Santa Efigência, Acre, São Vicente e Cônego José Guimarães	Estação de Tratamento de Água Municipal		< 60	

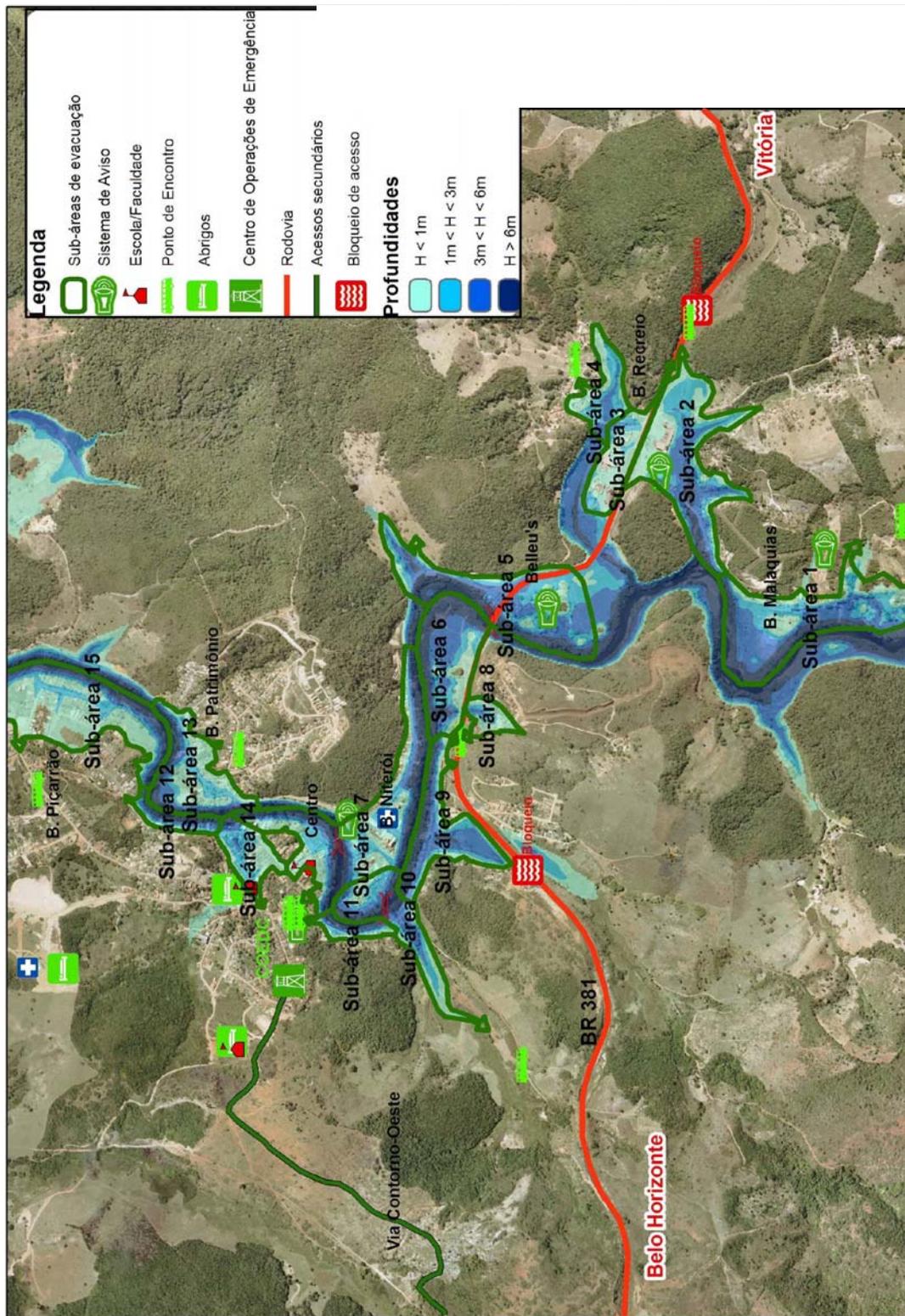


# E1. MAPA DE INUNDAÇÃO

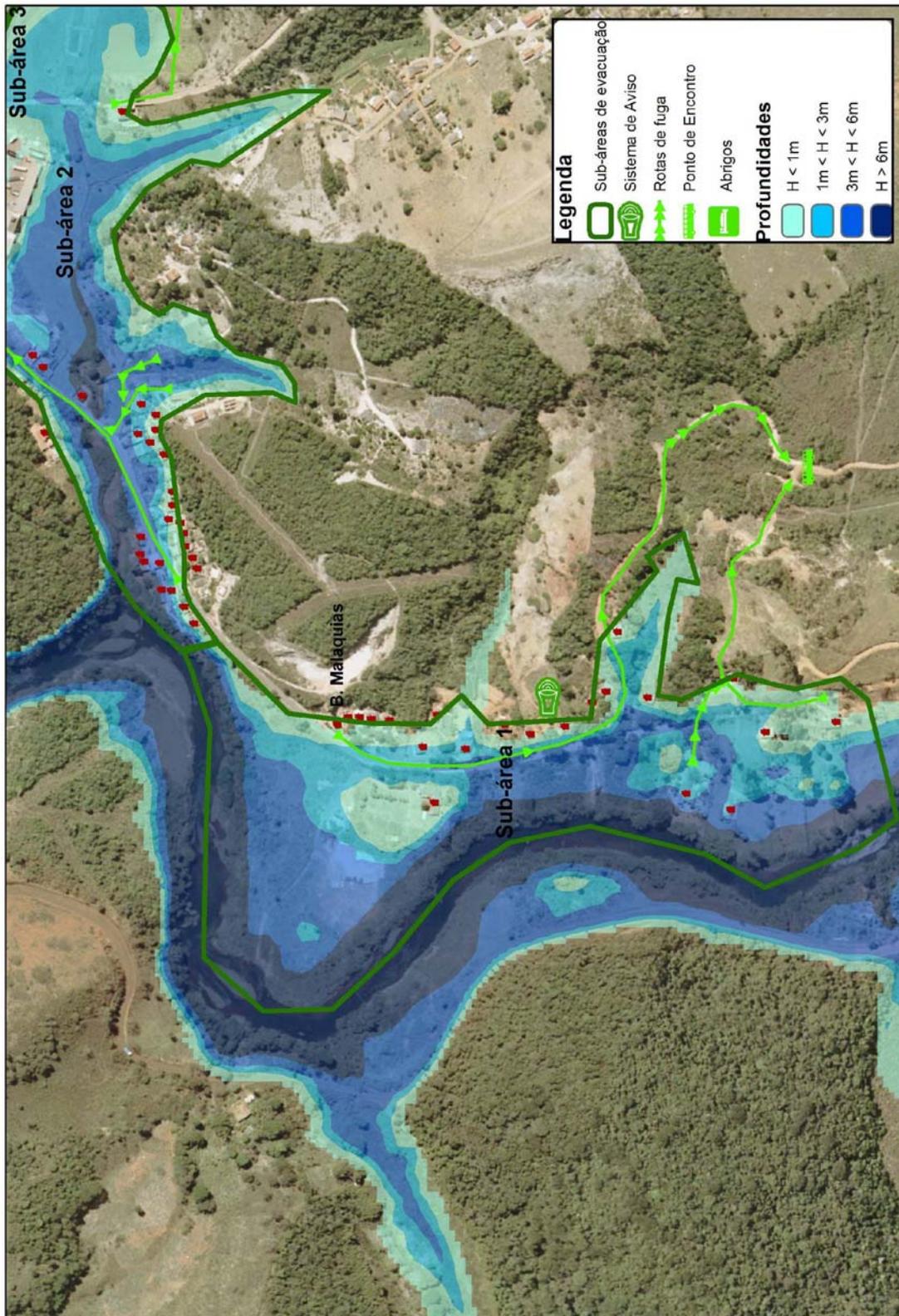


## E2 – PLANOS DE EVACUAÇÃO

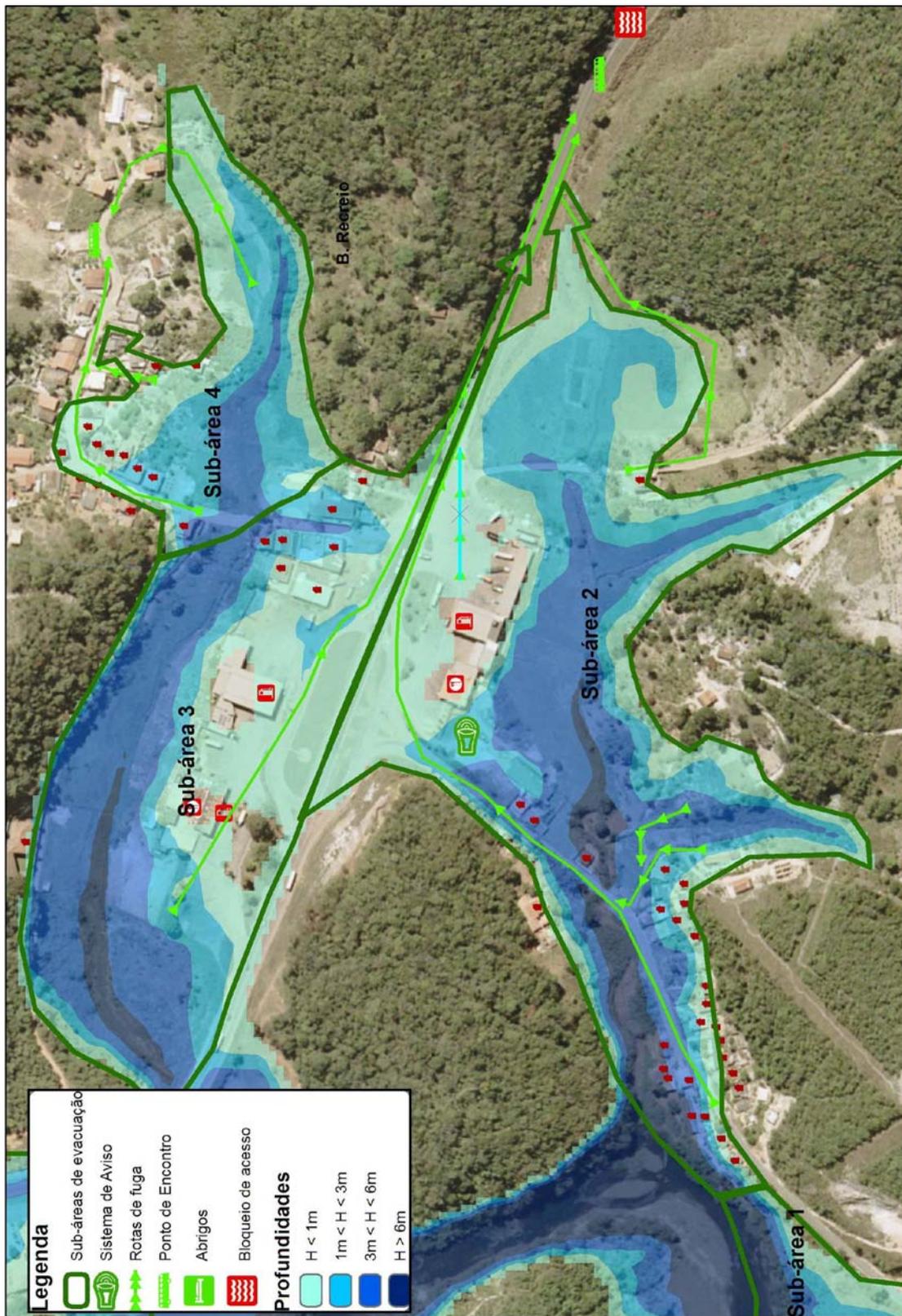
MAPA 1 - ZONEAMENTO



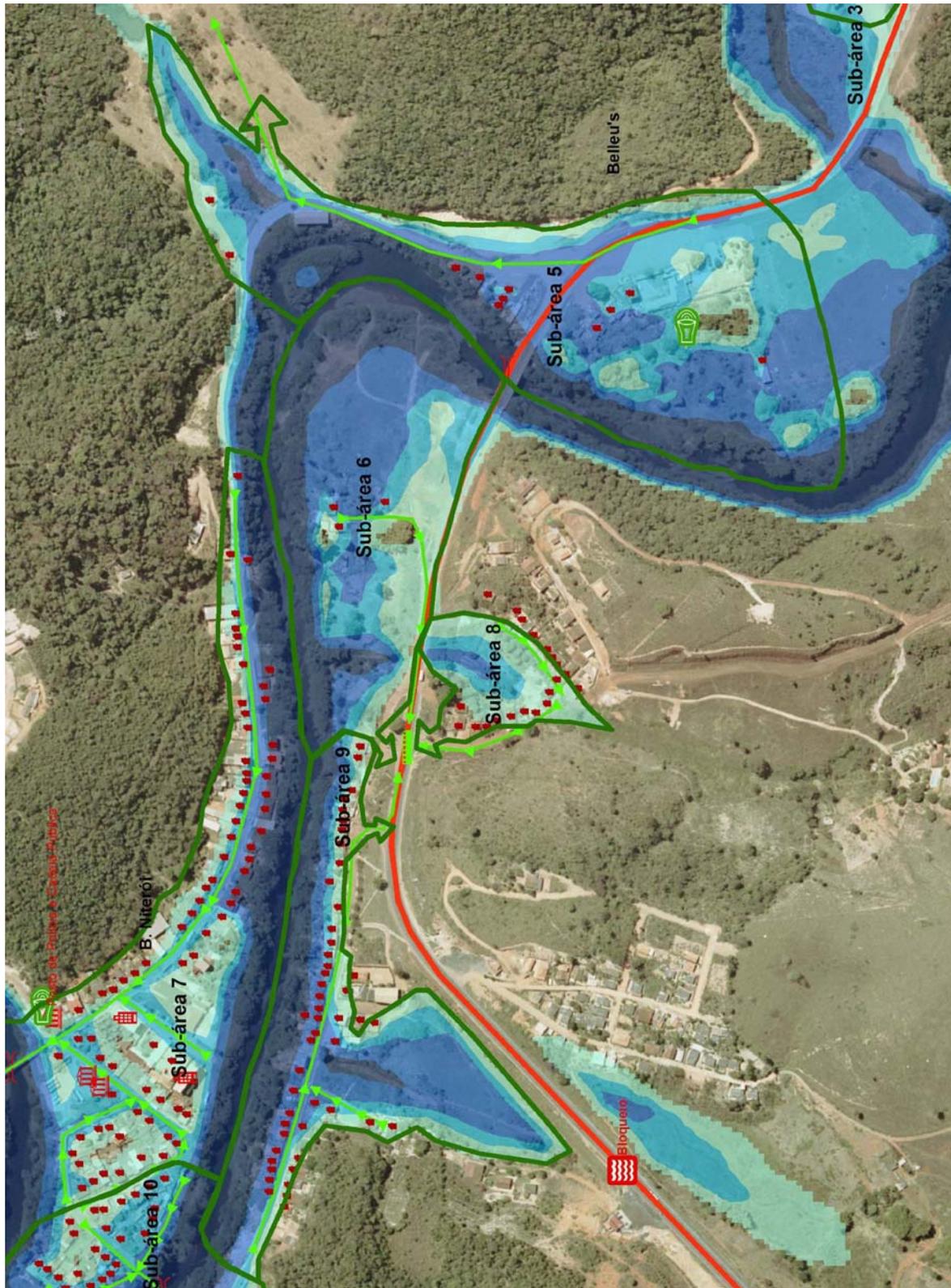
MAPA 2 – SUB-ÁREA 1



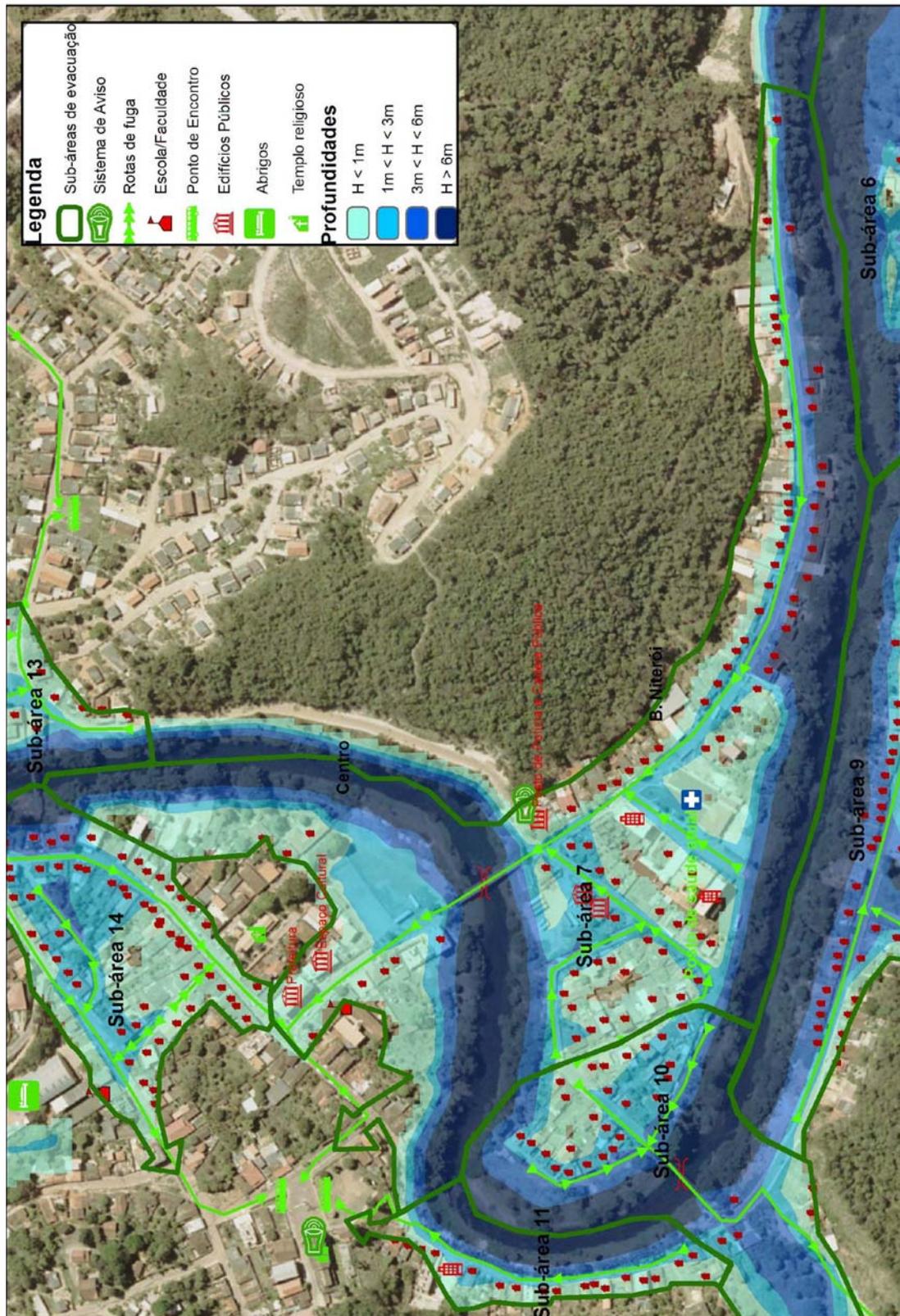
MAPA 3 – SUB-ÁREAS 2, 3 e 4



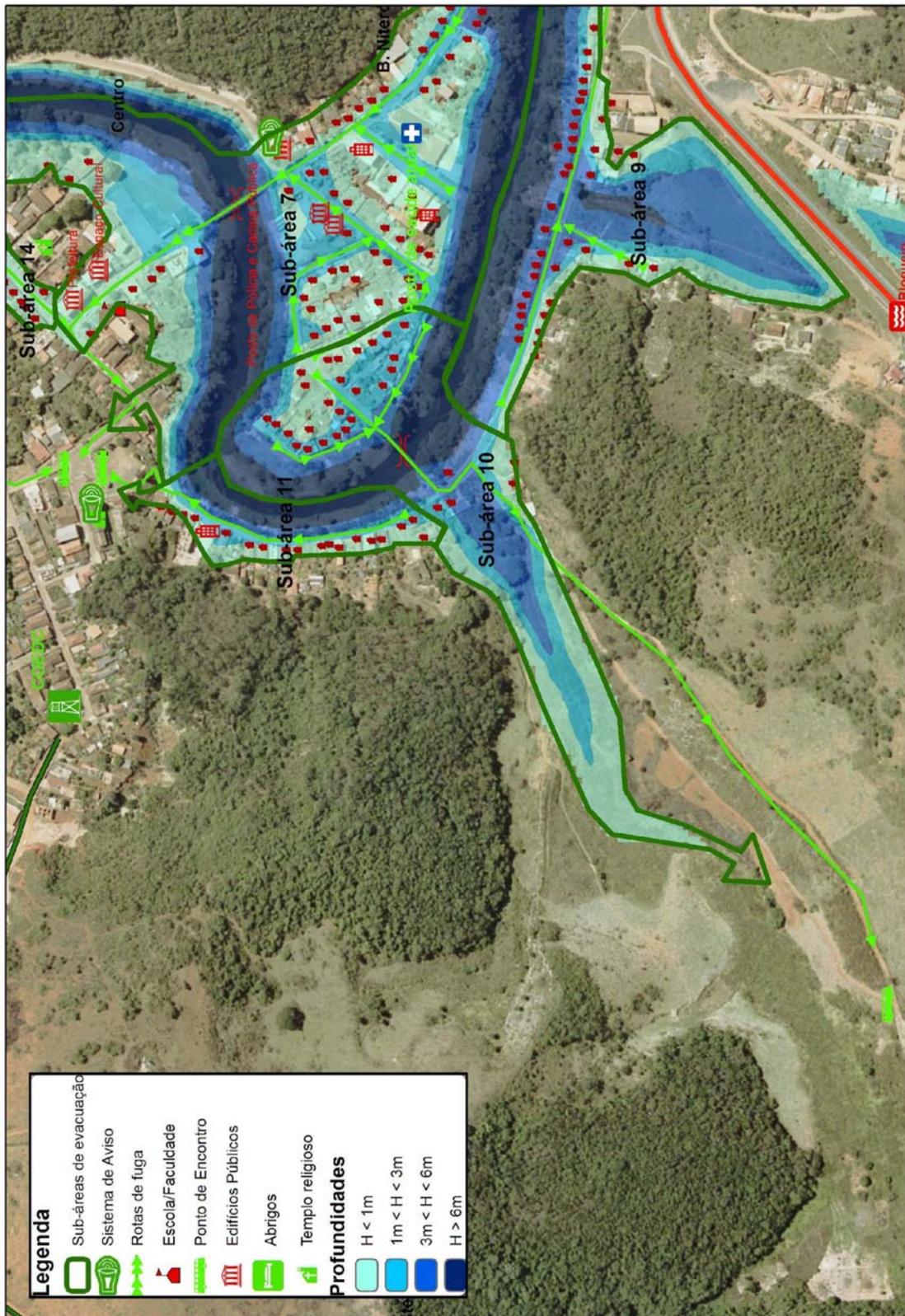
MAPA 4 – SUB-ÁREAS 5, 6, 8 e 9



MAPA 5 – SUB-ÁREA 7



MAPA 6 – SUB-ÁREAS 10 e 11



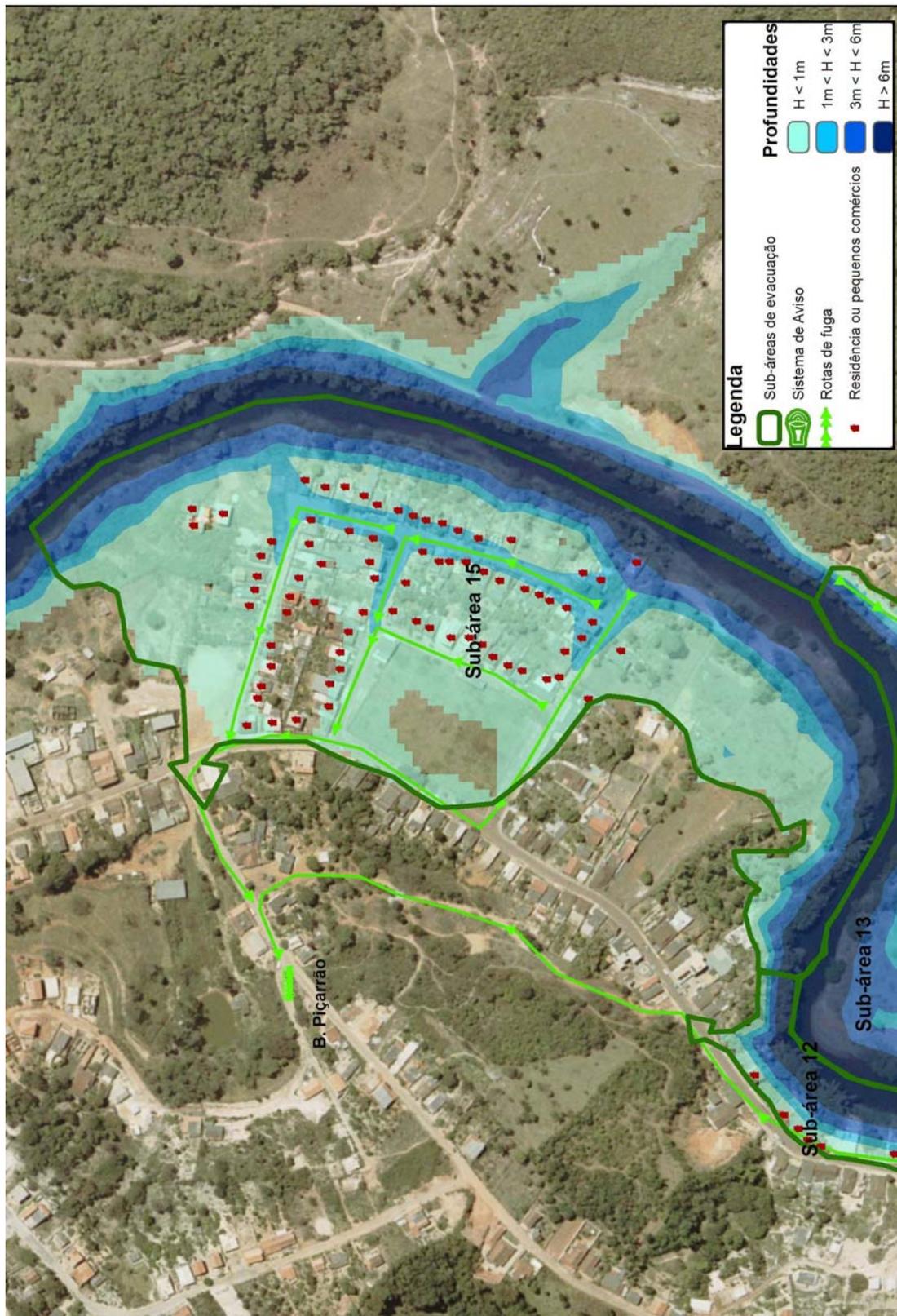
MAPA 7 – SUB-ÁREA 12 e 13



MAPA 8 – SUB-ÁREA 14



MAPA 9 – SUB-ÁREA 15



## 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho realizado nesta dissertação teve como objetivo desenvolver métodos para auxiliar a elaboração de planos de ações emergenciais contra inundações originadas a partir da ruptura de barragens. Esses métodos foram propostos tanto no âmbito das próprias barragens quanto no âmbito dos vales a jusante. Os métodos foram então aplicados a um vale com uma barragem e um município a jusante.

Este estudo integra-se em um tema que tem sua importância cada vez mais reconhecida no país, não só pelo interesse científico, já que envolve inúmeros domínios de conhecimento - hidráulica, hidrologia, comunicação social, engenharia de estruturas e defesa civil -, mas também pela contribuição ao planejamento relativo à segurança dos vales a jusante de barragens. Além do mais, recentes rupturas de barragens ocorridas no país têm despertado autoridades e opinião pública que exigem maior comprometimento dos responsáveis pela segurança dessas estruturas e dos vales a jusante.

Buscou-se agregar o conhecimento existente em vários países que já avançaram no tema, nos últimos anos, à segurança de barragens e defesa civil já existente no Brasil. Trata-se de um tema com poucas publicações acadêmicas e a maior parte dos documentos disponíveis são publicados por agências, órgãos governamentais ou profissionais ligados à área de segurança de barragens.

A segurança do sistema Vale-Barragem foi abordada em termos da gestão do risco imposto pelas estruturas do barramento, bem como pela vulnerabilidade à qual as populações estão submetidas. Os Planos de Ações Emergenciais, tratados aqui na figura dos Planos de Emergência das Barragens e dos Planos de Emergência Externos, são considerados importantes ferramentas na redução e gestão dos riscos. Tecem-se, neste capítulo, as conclusões mais relevantes deste estudo e são explicitadas algumas recomendações para o prosseguimento do trabalho.

Com relação à legislação disponível no mundo, são grandes as dificuldades de se estabelecer uma relação clara entre os seus itens. Além dos problemas terminológicos, são muitas as autoridades envolvidas e as atribuições variam em cada caso. Alguns países possuem guias e manuais detalhados que orientam os planejadores na elaboração de seus planos de contingências, enquanto outros apenas estabelecem a sua necessidade. Além do mais, essas legislações estão em constante atualização como, por exemplo, no Brasil, onde o Projeto de

Lei 1.181/03 tem sofrido importantes revisões, enquanto ainda tramita no Congresso Nacional. Trabalhos de revisão como este devem ser atualizados de forma a acompanharem as melhores práticas estabelecidas mundialmente tendo em vista a sua constante evolução.

Os responsáveis pelas barragens devem garantir o seu perfeito funcionamento e comunicar as autoridades de defesa civil caso ocorra uma situação anormal de perigo. Sendo assim, o Plano de Emergência da Barragem deve ser focado na segurança do barramento, sistematizando o processo de tomada de decisões e prevendo os processos de comunicação com agentes externos em situações de emergência.

O planejamento e a atuação junto às comunidades a jusante é responsabilidade das autoridades de Defesa Civil, que devem gerir as emergências de qualquer natureza que porventura ocorram no vale. Ela deverá auxiliar na comunicação entre os concessionários e a população.

Essa divisão de atribuições se dá por duas razões:

- O proprietário da barragem deve estar constantemente orientado para garantir a segurança das suas estruturas, e numa situação de crise seu foco deve ser no restabelecimento de sua segurança de forma a evitar ou minimizar uma catástrofe maior; e
- A Defesa Civil é responsável por identificar mudanças no vale, mantendo planejamento de emergências para os diversos riscos que ameaçam a população, entre eles, as barragens. Dessa forma poderá contar com uma estrutura de resposta integrada para os diversos riscos, permitindo agir com maior eficiência.

Com relação à aplicação dos métodos propostos seguem-se algumas conclusões.

A ausência de um mapeamento geográfico atualizado obriga os planejadores a desenvolverem mapas específicos, usualmente combinados a imagens aéreas, restituições, modelos digitais de terreno e seções topobatimétricas para os estudos hidráulicos necessários para o mapeamento das áreas potencialmente inundadas pelas cheias induzidas pelas barragens.

A revisão bibliográfica indicou que, de forma geral, os modelos de propagação unidimensionais apresentam vantagens na elaboração de um planejamento de emergências. Dentre as vantagens destaca-se a redução de custos com a aquisição de dados, simplicidade de

utilização e a tendência desses modelos conduzirem a cotas de inundação maiores e tempos de chegada da onda de cheia menores do que modelos mais complexos.

A existência de manuais para elaboração dos PAEs em um país facilita o seu desenvolvimento e favorece a sua padronização e implantação. A Defesa Civil brasileira conta com uma boa base bibliográfica relativa à resposta a desastres, mas que não está consolidada em documentos para aplicação direta na elaboração dos planos.

Ao elaborar os fluxogramas de comunicação verificou-se que a definição dos envolvidos no processo de gestão de emergência é complexa pois envolve um grau de comprometimento dos envolvidos, muitas vezes, não compatíveis com o trabalho para o qual foram contratados. Esse tipo de situação deve ser analisado por todas as empresas que pretendem implantar planos de emergência em suas instalações. Essas empresas terão como desafio garantir a prontidão dos envolvidos todos os dias e a qualquer momento.

O levantamento da situação do vale foi facilitado pelos contatos feitos na prefeitura, que disponibilizou grande quantidade de informações. Um recurso de obtenção de dados utilizado durante a pesquisa e que merece atenção especial dos planejadores é o Programa de Saúde da Família – PSF. O PSF pode se tornar uma ferramenta muito versátil, e economicamente viável, a ser utilizada pelos coordenadores de planos de emergência para o obtenção de dados sócio-econômicos das áreas de risco. As informações obtidas a partir do cadastramento das famílias feitas pelos agentes comunitários de saúde do PSF podem ser utilizadas em investigações de parâmetros mais específicos. Entre esses parâmetros incluem-se, por exemplo, o número de pessoas nas áreas potencialmente afetadas, quantas possuem dificuldades de locomoção e seus números de telefones para contato. São informações coletadas em residências e constantemente atualizadas.

A utilização dos programas de geoprocessamento e de imagens de alta resolução foi considerada indispensável na elaboração do plano. A associação das informações coletadas às ferramentas de geoprocessamento (dados tabulares e cartográficos) permitirá às autoridades públicas gerirem com mais eficiência e eficácia as situações de crise frente a inundações naturais ou induzidas. Essas ferramentas facilitam significativamente a gestão da informação pelas autoridades de defesa civil, facilitando as buscas e o acesso aos dados, permitindo melhor planejamento das ações a serem executadas durante a emergência.

A questão da comunicação social (divulgação e treinamentos dos envolvidos) é um tema ainda muito delicado, principalmente pelo grau de compreensão das pessoas que, eventualmente, estarão ameaçadas pelas barragens. Situações extremas de medo de que uma barragem possa ser insegura ou uma confiança exagerada no funcionamento dessas estruturas devem ser levadas em consideração durante o planejamento dos PEBs e dos PEEs.

Planos de emergência altamente de sucesso irão além dos requerimentos legais mínimos e anteciparão o futuro atualizando leis e normas. O trabalho aqui apresentado não tem a intenção de ser um documento definitivo mas, sim, uma referência ao estado da arte atual, preparado para evoluir juntamente com a consciência de gestão de riscos e de emergências em nosso país.

Considerou-se fundamental que o município de São Gonçalo do Rio Abaixo implante efetivamente a COMDEC, e prepare as suas equipes para estar em condições de atuar em situações de emergência. A Defesa Civil deve ser, sempre, o canal de comunicação entre os proprietários de barragens e comunidade, integrando informações técnicas e conhecimento leigo.

A seguir são apresentadas algumas recomendações para trabalhos futuros.

De forma a simplificar e reduzir ainda mais os custos envolvidos na propagação das ondas de cheia de ruptura, é necessário estudar a sensibilidade dos modelos hidráulicos à redução de dados como é o caso das seções topobatimétricas levantadas em campo, principalmente quando se dispõe de um Modelo Digital do Terreno (MDT) do vale em questão.

Recomenda-se que seja realizado um estudo hidrológico contemplando a propagação das cheias de ruptura associadas à contribuição do Rio Una a jusante do município de São Gonçalo. Conforme informações levantadas no estudo de caso, seria esse um dos principais agentes causadores das inundações naturais que ocorrem em São Gonçalo. Em complementação a este trabalho esse novo cenário deveria ser mapeado para fins de planejamento de emergências.

Os sistemas de comunicação e aviso disponíveis na UHE Peti poderiam ser melhorados com a instalação de sirenes com sinais padronizados para avisar os funcionários na casa de força, e com alcance suficiente para avisar a comunidade de Várzea da Lua, imediatamente a jusante. O município deveria também estudar a implantação de dispositivos de alarme para a população, dado o histórico de inundações no local.

A sobreposição dos mapas de inundação com os de uso e ocupação do solo permitirá, futuramente, uma estimativa mais precisa dos danos provocados pela ruptura da barragem. Com os dados é possível traçar a mancha de inundação classificada em função dos danos à edificações. Será necessário implantar, efetivamente, os planos junto às usinas e às autoridades para que se avalie a melhor forma de cada item do plano e se estude melhores alternativas para eles.

Pretende-se, em continuidade a este trabalho, estudar a criação de um sistema computacional de auxílio à tomada de decisão com a finalidade de agilizar as ações durante a gestão de emergências e facilitar a comunicação entre o proprietário da barragem e as autoridades de defesa civil, e entre estas e a população. Espera-se que, desta forma, se crie um canal de comunicação permanentemente atualizado entre os envolvidos, que no futuro poderá ser crucial para o salvamento de vidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, D. E. *Principles of emergency planning and management*. Harpenden: Terra Publishing, 2002. 340 p.

ALMEIDA A. B.; RAMOS, M.; LIMA, L.; SANTOS, A.; FRANCO, A. B. Dam-Break Flood Risk and Safety Management at Downstream Valleys. A Portuguese Integrated Research Project. *Proceedings 19th ICOLD Congress*, 1997, Florença, Vol IV (Q. 75-R. 25), pp. 331-347.

ALMEIDA, A. B. Riscos a jusante e legislação. In: MARTINS, R.; VISEU, T. e RAMOS, F. (Coordenadores). *Legislação sobre segurança de barragens*. Projeto NATO. Lisboa: LNEC, 1999, pp. 107-124.

ALMEIDA, A. B. Emergência e gestão do risco. In: *Curso de Exploração e Segurança de Barragens*. Capítulo 7. Lisboa: Instituto Nacional da Água (INAG), 2001. 104p

ALMEIDA, A. B.; RAMOS, M. C.; SANTOS, M. A.; VISEU, T. *Dam Break Flood Risk Management in Portugal*. Lisboa: LNEC, 2003. 265p.

AUSTRALIAN NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS – ANCOLD. *Guidelines on Dam Safety Management*. Austrália, 2003.

ASCE. American Society of Civil Engineers. *Guidelines for Instrumentation and Measurements for Monitoring Dam Performance*. American Society of Civil Engineers. Task Committee, USA, 2000. 600p.

ANDRIOLO, F. R. Observação de Estruturas de Concreto: Validade quanto a ocorrência da reação álcali-agregado. In: SIMPÓSIO SOBRE REATIVIDADE ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO. Goiânia, 1997.

ANNOVI, A. La frana del Vajont. Un fenomeno naturale trasformato dall'uomo in tragedia. Página web compilada. Disponível em: <<http://associazioni.monet.modena.it/gcvpcm/index.htm?annovi11.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2007.

ARGENTINA. Decreto n. 239/99, de 17 mar. 1999. Créase en el ámbito de la Secretaria de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable de la Presidencia de la Nación, el Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP). Disponível em: <<http://www.orsep.gov.ar/decreto.php>> Acesso em: 10 abr. 2006.

AUSTRALIA. Water Act 2000, Act No. 34 of 2000. Queensland, 2007.

BABB, A.O.; MERMEL, T.W. *Catalog of Dam Disasters - Failures and Accidents*. Washington, D.C: U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1968.

BALBI, D.A.F. Visita Técnica a Portugal e Espanha. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2007. (Relatório).

BALBI, D.A.F., FURARO, T.C., AGUIAR, R. Inspetor – Sistema inteligente de controle e segurança de barragens. In. SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 25, 2003, Salvador. *Anais...*Salvador: Comitê Brasileiro de Barragens, 2003.

BARBOSA, N. P.; MENDONÇA, A. V.; SANTOS, C. A. G.; LIRA, B. B. Barragem de Camará. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba - Centro de Tecnologia. 2004. (Relatório).

BERMEJO, J. P. C. Inundaciones de octubre de 1982: la pantanada de Tous - Reportaje fotográfico, Parte I. In: *Revista del aficionado a la meteorología*. n. 44. Disponível em: <<http://www.meteored.com/ram/numero44/inundaciones-octubre-1982>>. Acesso em: 19 dez. 2006.

BIEDERMANN, R. Safety Concept for Dams: Development of the Swiss Concept Since 1980", Berne, Switzerland, 1997 *apud* VISEU, T. Segurança dos vales a jusante de barragens – metodologias de apoio à gestão dos riscos. 2006. 482f. Tese (Doutorado) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

BLASCO, E.; ORTEGA, E. Emergency action plans in Northern Patagonia. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 243-249.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Texto consolidado até a Emenda Constitucional n. 52 de 08 de março de 2006. Brasília: Senado Federal, 2006.

BRASIL. Decreto n. 5.376, de 17 fev. 2005. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC e o Conselho Nacional de Defesa Civil, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 18 fev. 2005.

BRASIL. Lei n. 9.605, de 12 fev. 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília DF, 13 fev. 1998.

BRASIL. Política Nacional de Defesa Civil. Ministério da Integração Nacional, Brasília, 2007. 82p.

BRASIL. Projeto de lei n. 1181 jul. 2003. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB e cria o Conselho Nacional de Segurança de Barragens – CNSB e o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br>> Acesso em: 20 out. 2006.

BRASIL, L. S. S. *Utilização de Modelagens Uni e Bidimensional para a Propagação de Onda de Cheia Proveniente de Ruptura Hipotética de Barragem. Estudo de Caso: Barragem de Rio de Pedras*. Belo Horizonte. 201 p. (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

BRUEL, F. La catastrophe de Malpasset en 1959. Disponível em: <[http://www.ecolo.org/documents/documents\\_in\\_french/malpasset/malpasset.htm](http://www.ecolo.org/documents/documents_in_french/malpasset/malpasset.htm)> Acesso em: 18 jun. de 2006.

UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION - USBR. United States Department of Interior. *A Procedure for Estimating Loss of Life Caused by Dam Failure*. Dam Safety Office. Denver, Colorado, EUA. 1999. 43p. Disponível em: <[http://www.usbr.gov/ssle/dam\\_safety/risk/Estimating%20life%20loss.pdf](http://www.usbr.gov/ssle/dam_safety/risk/Estimating%20life%20loss.pdf)> Acesso em: 20 jan. 2007.

\_\_\_\_\_. *Safety Evaluation of existing dams. A manual for the safety evaluation of embankment and concret dams.* – Denver, Colorado, EUA, 1983

\_\_\_\_\_. *Downstream Hazard Classification Guidelines.* Denver: U.S. Department of the Interior, 1988.

\_\_\_\_\_. *Emergency Planning and Exercise Guidelines: Guidance Documents.* Denver: U.S. Department of the Interior, 1995. v. 1

CALHEIROS, L.B. Conferência geral sobre desastres: para prefeitos, dirigentes de instituições públicas e privadas e líderes comunitários. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília: MI., 2002. 21p.

CALHEIROS, L. B.; CASTRO, A.C.C.; DANTAS, M.C. Apostila sobre implantação e operacionalização de COMDEC. Ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 4ª edição, 2007.

CALIZZA, E.; MENGA, R. Catalogue and classification of Italian dams by satellite survey. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 195-202.

CANÇADO, V., BRASIL, L., NASCIMENTO, N., GUERRA, A. Flood Vulnerability Assessment: The Manhuaçu Case Study, 2007.

CARVALHO, Cléber. *Parecer técnico sobre o comportamento das estruturas de concreto da UHE Peti.* Belo Horizonte: CEMIG, 1996. (Relatório).

CARDIA, R. J. R. SOSEm'97: An emergency action plan revisited. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 195-202.

CARDIA, R. J. R. Emergência e gestão de risco em barragens. In. 2º Simpósio Nacional de Desastres Naturais e Tecnológicos. Santos. ABGE, Anais..., dezembro de 2007. (Publicado em CD-ROM).

CASTRO, A. L. C. Manual de planejamento em Defesa Civil. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 1999a. v.1, 69p. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/planejamento.asp>>. Acesso em: 15 jul. 2006

CASTRO, A. L. C. Manual para decretação de situação de emergência ou de estado de calamidade pública. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, 1999b. 110p.

CASTRO, A. L. C. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília. 2003. 174p.

CASTRO, A. L. C. Segurança Global da População. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília. 2007. 65p.

CEDEC/MG. Coordenadoria do Estado de Defesa Civil. Plano de Emergência Pluviométrica (PEP) 2007/2008. Minas Gerais. Gabinete Militar do Governador. Setembro/2007

CENTRAIS ELÉTRICAS MANTIQUEIRA S.A – CEM. PCH Santa Bárbara – Levantamento Planialtimétrico Cadastral – Desenho SBA-02, Fls 01/01, 2002.

CHARLWOOD, R. G.; SOLYMAR, Z. V. Long-term management of AAR-affected structures - an international perspective. In: USCOLD 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON ALKALI-AGGREGATE REACTIONS IN HYDRAULIC PLANTS AND DAMS – USCOLD. Anais... Chattanooga, 1995.

COLUMBIA COUNTY EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. *Emergency Evacuation Plan for Dam Failure and Flooding – Savannah River Dams*. Columbia County, Georgia, EUA. 2001

COMITÊ BRASILEIRO DE GRANDES BARRAGENS (CBGB). Auscultação e instrumentação de barragens no Brasil. In: II SIMPÓSIO SOBRE INSTRUMENTAÇÃO DE BARRAGENS, 1996, Belo Horizonte. 123p.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS (CBDB). Reatividade álcali-agregado em estruturas de concreto. In: SIMPÓSIO SOBRE REATIVIDADE ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO, 1999, Goiânia. *Relatório final e relato técnico do simpósio*. Goiânia: CBDB, 1999.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. *Relatório final do inventário civil da usina hidrelétrica de Peti*. Belo Horizonte: CEMIG, 1986. (Relatório).

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. *Análise da Estabilidade da Barragem – Memória de Cálculo – Volume 1 – N°UP-MC-C12-001*. Belo Horizonte: CEMIG, 2003a. 209 p. (Relatório).

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. *Análise da Estabilidade da Barragem – Memória de Cálculo – Volume 2 – N°UP-MC-C12-001*. Belo Horizonte: CEMIG, 2003b. 209 p. (Relatório).

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. *Instrução para controle de cheias*. (IO-GT/PH.01.009). CEMIG, 2007a. 20p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. *Relatório Técnico 03, Determinação do hidrograma de ruptura: propagação unidimensional da onda de cheia*. UHE Peti Belo Horizonte: Gerência de Segurança de Barragens e Manutenção Civil, 2007b, 20 p. (Relatório).

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. *Estudo de revisão das cheias de projeto dos órgãos extravasores das UHEs Xicão, Camargos, Rio de Pedras, Cajuru e Peti – Cheia Máxima Provável – CMP na Bacia da UHE Peti*. Belo Horizonte. CEMIG, 1999. (Relatório)

CEMIG/UFMG. Desenvolvimento de metodologia para a propagação de ondas de cheia em cenários de operação extrema e de ruptura de barragens para o mapeamento de áreas inundáveis. Projeto CEMIG – UFMG de P&D 100 do ciclo 2002/2003. Resultados Finais. Relatório Técnico 03. Companhia Energética de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2006. 194p.

CORESTEIN, G., BLADÉ, E., GÓMEZ, M., DOLZ, J., OÑATE, E., PIAZZESE, J. *1D Cross Sections from a 2D Mesh. A Feature for an Hydraulic Simulation Tool*. Proceeding of the congress 2nd Conference on Advances and Applications of GiD”. CIMNE. Barcelona, Espanha. 2006

CRUZ, J. F.; DIAS, G. G.; BALBI, D. A. F. Monitoramento na prevenção de acidentes – Caso da UHE Piau. In: Simpósio sobre instrumentação de barragens, 3. Comitê Brasileiro de Barragens. São Paulo, 2006.

CUNGE, J. A., HOLLY, F. M. e VERWEY, A. Practical aspects of computational river hydraulics. Boston, Pitman Edition. 1980, 419 p.

DE CEA, J. C. Segurança de barragens: Experiência espanhola. Curso de Exploração e segurança de barragens. Instituto Nacional da Água. Lisboa, 2006. Transparência eletrônica (CD-ROM)

DELLIOU, P. Le. (Coodenador) Final Report. Working group on dam legislation. ICOLD EUROPEAN CLUB. 2001. Disponível em: <<http://cnpqb.inag.pt/IcoldClub/documents/LEGISLATIONFinalReport.PDF>>. Acesso em: 10 jun. 2007.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. DEFRA. Engineering guide to emergency planning for UK reservoirs. London, 2006. Disponível em: <[www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk)>

DEPARTMENT OF ENVIROMENTAL PROTECTION - DEP. Bureau of Waterways Engineering. Division of Dam Safety. Guidelines for developing an Emergency Action Plan for hazard potential category 1 e 2 dams. Harrisburg, Pensilvânia.2005. 48p. Disponível em: <http://www.dep.state.pa.us>. Acesso em: 10 jun. 2007.

DEVOTO, G. A. The institutional organization on dam safety in Argentina: The emergency action plan of the Comahue Region as a case study. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 113-120.

DEPARTMENT OF ECOLOGY - DOE. Dam Break Inundation Analysis Downstream Hazard Classification. In: \_\_\_\_\_. *Dam Safety Guidelines*. Olympia: DOE, 1992. 38 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS - DNOCS. Página web compilada. Disponível em: <[www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/barragens/Barragem%20do%20Ceara/oros.htm](http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/barragens/Barragem%20do%20Ceara/oros.htm)>. Acesso em 27 jul. 2007.

DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND MINES - NRM. Guidelines for failure impact assessment of water dams. Queensland, Australia, 2002, 43p

EM-DAT - Emergency events Database. The OFDA/CRED International Disaster Database. Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso em: 10 jun. 2007

ELETOBRÁS. Critérios de projeto civil. Disponível em: <[www.eletobras.com.br/downloads/EM\\_Conselho\\_RelatorioGestao/2001/DE.pdf](http://www.eletobras.com.br/downloads/EM_Conselho_RelatorioGestao/2001/DE.pdf)>. Acesso em: 02 jan. 2007

EMERGENCY MANAGEMENT AUSTRALIA - EMA. Australian Emergency Manuals Series Part III. Guide 5 - Flood Warning, second edition. In: Emergency Management Practice, Volume 3. Australia, 1999a

EMERGENCY MANAGEMENT AUSTRALIA - EMA. Australian Emergency Manuals Series Part III. Guide 6 - Flood Response, second edition. In: Emergency Management Practice, Volume 3. Australia, 1999b

ESPAÑA. Secretaría de Estado de Interior. Directriz Básica de planificación de protección civil ante el riesgo de inundaciones. *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, 14 fev. 1995.

ESPAÑA. Orden Ministerial Ref. 1996/07319, de 12 mar. 1996. *Reglamento Técnico Sobre Seguridad de Presas y Embalses*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 30 mar. 1996.

ESPAÑA. Real Decreto Legislativo 1/2001, 20 jul. 2001. Por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. *Boletín Oficial del Estado*, n. 176, Madrid, 24 jul. 2001. p. 26791-26817.

ESPAÑA. Guía para la elaboración de los planes de emergencia de presas. [S.I.]: Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 2001.

ESPAÑA. Resolución de 31 de enero de 1995, de la Secretaría de Estado de Interior. Aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (BOE de 14 de febrero de 1995). Disponible em: <<http://www.proteccioncivil.org/centrodoc/legisla/Dbasica3.pdf>>. Acceso em: 15 jul. 2006.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA. Federal guidelines for dam safety: selecting and accommodating inflow design floods for dams. Interagency Committee on Dam Safety, U.S. Department of Homeland Security, October 1998. Reprinted April 2004. 58p.

FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION – FERC. DIVISION OF DAM SAFETY AND INSPECTIONS. Arch Dams. In: \_\_\_\_\_. Washington DC: U.S. Department of Energy, 1999.

FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION – FERC. Emergency Action Plans. In: \_\_\_\_\_. *Engineering guidelines for the evaluation of hydropower projects*. Washington DC: U.S. Department of Energy, 2007.

FLOODSITE *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*. Integrated flood risk analysis and management methodologies. Relatório número T09-06-01. Revisão número 2\_2\_P44. FLOODSITE. 2007. Disponible em: <[www.floodsite.net](http://www.floodsite.net)>. Acceso em: 08 jul. 2007.

FLORESTAL CATAGUAZES. Página web compilada. Disponible em: <<http://www.florestalcataguazes.com.br/page4.html>>. Acceso em: 27 jul. 2007

FOSTER, M.; SPANNAGLE, M.; FELL, R.. *Analysis of embankment dam incidents*. UNICIV Report. School of civil and environmental engineering. University of new South Wales. 1998. 282p.

FRANÇA. Décret no 88-622 du 8 mai 1988 relatif aux plans d'urgence, pris en application de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs. *Journal Officiel*, Paris, 6 mai. 1988.

\_\_\_\_\_. Loi n. 92-3, 3 jan. 1992. Sur l'eau. *Journal Officiel*, Paris, 4 jan. 1992. p. 187.

\_\_\_\_\_. Circulaire du 13 juillet 1999 relative à la sécurité des zones situées à proximité ainsi qu'à l'aval des barrages et aménagements hydrauliques, face aux risques liés à l'exploitation des ouvrages. Paris: Ministère de l'intérieur, 1999.

FURARO, T.C. Metodologia de classificação de barragens baseada no risco. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 25, 2003, Salvador. *Anais...* Salvador: Comitê Brasileiro de Barragens, 2003.

FUSARO, T.C. Relatório de visita a BC Hydro. Belo Horizonte: CEMIG, 2004. (Relatório).

FUSARO, T.C. *Estabelecimento estatístico de valores de controle para a instrumentação de barragens de terra: Estudo de caso das barragens de Emborcação e Piau*. Ouro Preto. 201 p. (Dissertação de Mestrado em Geotecnia de Barragens) – Escola de Engenharia - Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais, 2007.

GIMENEZ, E.; PEREZ-CECILIA, R.; CAMPO, E.; MANUECO, M. G. Classification of State dams in the River Douro Basin, Spain. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 181-186.

GIULIANI, F. L.; YEMA, C. A. Dam safety in the Comahue Region of Argentina. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 121-127.

GOUTAL, N. *The Malpasset Dam Failure – An Overview and Test Case Definition*. Zaragoza Meeting, 18-19 nov. 1999. Espanha. CADAM Meeting at University of Zaragoza. Disponível em: [www.hrwallingford.co.uk/projects/CADAM/CADAM/Zaragoza/Z2.pdf](http://www.hrwallingford.co.uk/projects/CADAM/CADAM/Zaragoza/Z2.pdf). Acesso em: 27 jul. 2007.

GRAHAM, W. J. *A Procedure for Estimating Loss of Life Caused by Dam Failure* (DSO-99-06). Denver: U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1999.

GUEDES, C.A.; MENDIONDO, E.M. Sinaleira Ambiental como estratégia de gestão de risco de inundação – Estudo de caso na população da micro-bacia do Gregório, São Carlos, SP (Brasil). *Jornadas Internacionales sobre Gestión del Riesgo de Inundaciones y Deslizamientos de Laderas*. São Carlos, SP. Brasil. Mayo 2007. Disponível em: <http://hercules.cedex.es/hidraulica/prohimet/Br07/Comunicaciones/Guedes-y-Mediondo.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2008.

HARTFORD, D. N. D.; BAECHEER, G.B. *Risk and uncertainty in dam safety*. London: Thomas Telford Publishing, 2004. 391 p.

HOLANDA, F. G. Relatório técnico de inspeção das estruturas de concreto. Francisco Gladston, Holanda, Cemig. 2002. (relatório)

HOPE, I. Development of flood plans for large raised reservoirs in England and Wales. Disponível em: <http://www.environment-agency.gov.uk>. Acesso em: 10 nov. 2007

HUGHES, A.K.; KITE, P. Reservoir legislation in the UK: Past, present and future. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 3-7.

INTERNATIONAL COMMISSION OF LARGE DAMS - ICOLD. *Improvement of existing dam monitoring – Recommendations and case histories. Bulletin 87*. Paris: International Commission of Large Dams, 1992. 63p.

INTERNATIONAL COMMISSION OF LARGE DAMS - ICOLD. *Dam Failures. Statistical Analysis. Bulletin 99*. Paris: International Commission of Large Dams, 1995. 63p.

INTERNATIONAL COMMISSION OF LARGE DAMS - ICOLD. *Dam break flood analysis: review and recommendations*. Bulletin 111. Paris: International Commission of Large Dams, 1998, 301 p.

INTERNATIONAL COMMISSION OF LARGE DAMS - ICOLD. *Automated dam monitoring systems - Guidelines and case histories*. Bulletin 118. Paris: Internacional Comission of Large Dams, 2005.

ITÁLIA. Circolari 28 ago 1986 n. 1125. Modifiche ed integrazioni alle precedenti circolari 9.2.1985 n. 1959 e 29.11.1985 n. 1391 concernenti sistemi d'allarme e segnalazioni di pericolo per le dighe di ritenuta di cui al regolamento approvato con d.p.r. 1.11.1959 n. 1363 - testo completo e aggiornato. Ministero deo Lavori Pubblici, 28 ago. 1986.

ITÁLIA. Decreto del Presidente Della repubblica n. 1363/59, de 1° nov. 1959. Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana. n° 72. 24 mar. 1960

JANSEN, R.B. *Dam and Public Safety*. USA: Water Resources Technical Publication. Denver: U.S. Departament of the Interior, 1980. 332p.

KARVONEN, R.A.; HEPOJOKI, A.; HUHTA, H.K.; LOUHIO, A. *The use of physical models in dam-break flood, RECS DAM Final Report*. Helsinki: Helsinki University of Technology, 2000. 52 p.

LUCENA, R. Manual de orientação para formação de NUDECs. Aracaju, 2005. Disponível em: <<http://www.defesacivil.se.gov.br/modules/tinyd0/index.php?id=21>>. Acesso em: 10 jun. 2007.

MAIA, R.; RIBEIRO, A. A. Dam safety criteria on international rivers: Portugal and Spain case. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 137-144.

MARTINS, R. Segurança hidráulico-operacional de barragens à luz da legislação internacional. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 5, 2000, Lisboa. Disponível em: <<http://www.dha.lnec.pt/nre/portugues/funcionarios/papers/rmartins/SBNMUNDIAL.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2005

MASCARENHAS, F.C. Modelação matemática de ondas provocadas por ruptura de barragens. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 295 p. Tese de doutorado. 1990

MENESCAL, R. A.; VIEIRA, V. P. P. B.; OLIVEIRA, S. K. F. Terminologia para análise de risco e segurança de barragens. In: MENESCAL, R. A. (coord.) *A segurança de barragens e a gestão de recursos hídricos*. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005a. p. 31-49.

MENESCAL, R. A.; MIRANDA, N.; PITOMBEIRA, S.; PERINI, D. S. As barragens e as enchentes. In: MENESCAL, R. A. (coord.) *A segurança de barragens e a gestão de recursos hídricos*. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005b. p. 289-299.

MENESCAL, R. A. Risco e Segurança em engenharia – Problemas enfrentados pelo Ministério da Integração com obras de infra-estrutura hídrica. Debate: O momento atual da engenharia brasileira. Instituto de Engenharia. São Paulo, 7 mar. 2007. Transparência eletrônica.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa COPAM n. 62, de 17 de dezembro de 2002*. Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de

reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. *Diário Oficial...*

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa COPAM n. 87, de 17 de junho de 2005*. Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM N.º 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5481>> Acesso em: 28 out. 2006.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/32818.html>>. Acesso em: 20 jul. 2007.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - MI. *Manual de Segurança e Inspeção de Barragens*. Brasília: Ministério, 2002. 148p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL - MI. Secretaria Nacional de Defesa Civil. *Desastres notificados à SEDEC/MI*. Ano 2007. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/desastres/desastres.asp>>. Acesso em: 27 jul. 2007.

NATURAL DISASTERS ORGANISATION. The Australian Emergency Manual Series. Australia, 1992. Second edition.

DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND MINES - NRM. Guidelines for failure impact assessment of water dams. Queensland, Australia, 2002, 43p.

OLDS, Jerry D.; Hall, Richard B.; LINDON, Matthew C. (Comp.). *Utah dam safety guide to emergency action plans: Development and implementation*. Salt Lake City: Department of Natural Resources, 2003.

ORGANISMO REGULADOR DE SEGURIDAD DE PRESAS. ORSEP. Página web. Disponível em: <<http://www.orsep.gov.ar/decreto.php>> Acesso em: 10 abr. 2006.

PEREIRA, S. H. F., CALIJURI, M. L., PEREIRA, S. C. M., BEZERRA, N. R., MARTINS, C. A. Identificação de áreas susceptíveis a risco de deslizamento, por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), no município de Ipatinga – MG. 2º Simpósio Nacional de Desastres Naturais e Tecnológicos. Santos. ABGE, Anais..., dezembro de 2007. (Publicado em CD-ROM).

PLATE, E. Dams and safety management at downstream valleys. 1997. In: ALMEIDA, A.B.; VISEU, T. (eds). *Dams and safety management at downstream valleys. Dam Safety*. Rotterdam: Balkema. 1998. pp 27-43.

PORTUGAL. Decreto-Lei n. 11, 06 jan. 1990. Regulamento de Segurança de Barragens. Lisboa: Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1990. *Diário da República*, Série 1, n.5, 06 jan. 1990.

PORTUGAL. Decreto-Lei n. 409. Regulamento de Pequenas Barragens. Lisboa: Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1993. *Diário da República*, 290/93 Série I-A, 14 dez. 1993.

PORTUGAL. Decreto-Lei n. 344, 15 out. 2007. Regulamento de Segurança de Barragens. Lisboa: Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2007. *Diário da República*, Série 1, n.198, 15 out. 2007.

POUGATSCH, H.; MULLER, R. W.; KOVELT, A. Water alarm concept in Switzerland. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 235-242.

QUEBEC. Loi sur la securite des barrages. Éditeur officiel du Québec. Quebec, Canadá. 15 mar. 2007.

RAMOS, C. M.; VISEU, T. Zoneamento territorial: critérios para aplicação dos modelos hidrodinâmicos. SEPREM, Madri, 1999, 16 p.

ROCHA, F. Considerações e orientações para o planejamento de emergência externo das barragens abrangidas pelo regulamento de segurança de barragens”. Jornadas Técnicas de Protecção Civil Sobre “Planejamento de emergência em barragens”. Lisboa: [S.n], 2002.

ROGER, J. D. Lessons learned from the St. Francis Dam Failure. *Lesson learned from fantastic failures*. Geo-Strata, v.6, n.2, march-april 2006. Geo Institute. p.14-17.

RUBÍ, A. M. Clasificación de presas y evaluación del riesgo con programa HEC-RAS. Barcelona, 2006. Tesina (Enginyeria hidràulica, marítima i sanitària: Embassaments i preses) - Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental - Universitat Politècnica de Catalunya, 2006.

SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO. *Plano Municipal de Saúde de São Gonçalo do Rio Abaixo*. São Gonçalo do Rio Abaixo: Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Rio Abaixo, 2007. 29 p.

SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO. *Plano Diretor Municipal de São Gonçalo do Rio Abaixo*. São Gonçalo do Rio Abaixo: Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Rio Abaixo, 2005.

SARKARIA, G.S. “Lessons from Serious Incidents at Seven Arch Dams” Proceedings of the 1997 Annual Conference of the Association of State Dam Safety Officials. Lugar: Publisher 1997.

SEDEC/RJ - SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL. Plano de emergência externo do estado do Rio de Janeiro, em caso de emergência nuclear nas instalações da central nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAEA). Departamento geral de apoio comunitário. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.defesacivil.angra.rj.gov.br/defesacivil/>>. Acesso em: 10 jun. 2007.

SEVOR. Serviço Voluntário de Resgate de João Monlevade. João Monlevade (MG), Disponível na Internet: <<http://www.sevor.com.br>>. Acesso em 10 jun. 2007

SILVEIRA, J. F.; MACHADO, J. A. A. A importância da implementação de planos emergenciais para as barragens a montante de centros urbanos. In. SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 26., 2005, Goiânia. *Anais...Goiânia*: Comitê Brasileiro de Barragens, 2005.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC. *Desastres no Brasil*. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/desastres/desastres.asp>>. Acesso em 28 Set. 2007.

SINGH, V. P. Dam breach modeling technology. Kluwer Academic Publishers. Louisiana, 1996. 242 p. *apud* BRASIL, L. S. S. *Utilização de Modelagens Uni e Bidimensional para a Propagação de Onda de Cheia Proveniente de Ruptura Hipotética de Barragem. Estudo de*

Caso: *Barragem de Rio de Pedras*. Belo Horizonte. 201 p. (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SORALUCE, F. J. G. *Plan de emergencia para la presa de Irabia*. Revista de obras públicas. Nº 3432. abril de 2003. páginas 7 a 27. Espanha. 2003.

STALLINGS, R.A. (Ed.) *Methods of Disaster Research*. International Research Committee on Disasters: Xlibris. Philadelphia, 2002.

SUIÇA. Conseil Fédéral Suisse. Ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (OSOA), 07 dez. 1998. Disponível em: <<http://www.admin.ch/ch/f/as/1999/4.pdf>> Acesso em: 02 ago. 2006.

SYLVESTER, A.G. Página web compilada. Disponível em: <[http://www.geol.ucsb.edu/faculty/sylvester/Teton%20Dam/welcome\\_dam.html](http://www.geol.ucsb.edu/faculty/sylvester/Teton%20Dam/welcome_dam.html)> Acesso em: 24 de abril de 2007.

SYNAVEN, K. The pilot Project Kyrkojarvi dam and reservoir, Seinajoki, Finland. In: INTERNACIONAL SEMINAL AND WORKSJOP RISK ASSESMENT, DAM-BREAK FLOOD ANÁLISIS AND EMERGENCY ACTION PLANNING. Seinajoki: Finnish Environment Institute, 2000.

THIMOTTI, T. C. ; LIMA, A. A. ; SILVA, F. E. O. E. ; QUEIROGA, Y. G. A. ; NAGHETTINI, M. C. ; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira . Rio Grande - modelo de simulação e previsão hidrológica. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba, PR. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. v. 1.

UNITED NATIONS DISASTER RELIEF ORGANIZATION - UNDRO. *Mitigating natural disasters: phenomena, effects and options. A manual for policy makers and planners*. New York. 1991. 164p.

UNITED NATIONS. *Guidelines for Reducing Flood Losses*. ed. 1. United Nations.2002. Disponível em: <http://www.unisdr.org>. Acesso em: 10 Jun. 2006.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS - USACE. *Safety of Dams – Policy and Procedure Draft*. Washington DC: Engineering and Design, 2003.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS - USACE. *Tuttle Creek Dam Failure Warning System. Evacuation Guidance and Maps*. Kansas City. 2005. Disponível em: <[http://www.nwk.usace.army.mil/projects/tcdam/community-dfws/DFWS\\_EvacPlan.htm](http://www.nwk.usace.army.mil/projects/tcdam/community-dfws/DFWS_EvacPlan.htm)>. Acesso em: 23 mar. 2007

VALENCIO, N. F. L. S. O controle das águas como fator de progresso e de risco: as representações institucionais dos Grandes Projetos Hídricos no Nordeste. In: III ENCONTRO DA ANPPAS, 2006, Brasília-DF.

VARGAS, M.; NUNES, A. J. C.; LOPES, J. C.; CONTINENTINO, L.; FEDERICO, D. A Ruptura da Barragem da Pampulha. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1955, n.529. Relatório Técnico.

VIANNA, N. S. Belo Horizonte: seu abastecimento de água e sistema de esgotos (1890-1973). Belo Horizonte, 1997, 115 p. *apud* BRASIL, L. S. S. *Utilização de Modelagens Uni e*

*Bidimensional para a Propagação de Onda de Cheia Proveniente de Ruptura Hipotética de Barragem. Estudo de Caso: Barragem de Rio de Pedras.* Belo Horizonte. 201 p. (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WISEU, T.; MARTINS, R. Safety risks of small dams. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 283-288.

WISEU, T.; MARTINS, R. *Controlo de segurança de barragens - Jornada técnica sobre “Risco e gestão de crises em vales a jusante de barragens”*, LNEC, Lisboa. 1997.

WISEU, T.; FRANCO, A. B.; ALMEIDA, A. B.; SANTOS, A. Modelos uni e bidimensionais na simulação de cheias induzidas por rotura de barragens – a experiência do vale do Arade. IV SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 1999, Coimbra.

WISEU, T.; ALMEIDA, A.B. Plano de Emergência Interno de barragens. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 5, 2000, Lisboa. Disponível em: <[http://www.dha.lnec.pt/nre/portugues/funcionarios/papers/tviseu/5cong\\_agua.pdf](http://www.dha.lnec.pt/nre/portugues/funcionarios/papers/tviseu/5cong_agua.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2005.

WISEU, T. *Segurança dos vales a jusante de barragens – metodologias de apoio à gestão dos riscos*. 2006. 482f. Tese (Doutorado) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2006.

WISEU, T.; ANTÃO da SILVA, P. Planos de emergência internos de barragens: da teoria à realidade. A barragem de Alqueva e o vale do Guadiana. CONGRESSO DA ÁGUA, 7, 2004, Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, Lisboa.

VOGEL, A. Risk classification of dams in relation to a failure-cause-specific break-mechanism. In: BERGA, L. (Ed.) *Dam Safety*. Rotterdam: Balkema, 1998. p. 377-381.

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF ECOLOGY (WSDE). Guidelines for Developing Dam Emergency Action Plans. Olympia: WSDE, 1995. 45 p.

WORLD COMMISSION ON DAMS - WCD. *Dams and Development. A new framework for decision-making*. Earthscan Publications. Londres. 2000. 404p. Disponível em: <<http://www.dams.org/report/contents.htm>>. Acesso em: 27 jul. 2007.

ZHOU, R. D.; JUDGE, D. G. C.; DONNELLY, R. Comparison of HECRAS with FLDWAV and DAMBRK models for dam break analysis. Canadian Dam Association, 2005.

**ANEXO A - Casos históricos de ruptura que originaram vítimas (adaptado de Viseu, 2007; HARTFORD, 2004; FOSTER, SPANNAGLE, FELL, 1998)**

Barragem	País	Ano do desastre	Altura	Causas	Tempo de Aviso (min)	Número de pessoas em risco	Vidas Perdidas
Abefan (rejeito)	Reino Unido	1966					144
Austin	EUA	1911	15				80
Babii Yar	URSS	1961		Fatores hidráulico-operacionais			145
Baldwin Hills	EUA	1963	20,1	Erosão interna do maciço em condições normais do clima	78	16500	5
Banqiao, Shimantan e 60 outras	China	1975	24 (Banqiao)	Galgamento			230000
Bear wallow	EUA	1976	15	Fatores hidráulico-operacionais	0	8	4
Belci	Romênia	1991	18	Galgamento			78
Bergeron Pond	EUA	1996	11	Ruptura ocorreu na região do concreto do vertedouro, a barragem não foi galgada	0	50	1
Big Thompson	EUA	1976			<60	2500	139
Bilá Desná	Checoslováquia	1916	17	Fatores hidráulico-operacionais			65
Black Hills	EUA	1972			<60	17000	245
Bolan	Paquistão	1976	19	Fatores hidráulico-operacionais			20
Bouzey	França	1895	18				100
Buffalo Creek	EUA	1972	14	Escorregamento ("slumping") do talude da barragem durante um evento chuvoso	0	4000	125
Bushy Hill Pond	EUA	1982			120 - 180	400	0
Camará	Brasil	2004	50	Problemas na rocha de fundação da ombreira esquerda		> 3000	6
Canyon Lake	EUA	1972	11,3	Galgamento durante uma cheia catastrófica	0	Muito elevado	33
Dale Dyke-Bradfield	Reino Unido	1864	29	Erosão interna pelo maciço			238
Del monte	Colômbia	1976	33	Problemas no vertedouro e comportas			80
Denver	EUA	1965			180	3000	1
D.M.A.D.	EUA	1983	8,8	Ruptura causada pelo deplecionamento rápido do nível de jusante em função da ruptura de uma barragem de jusante	60 a 720	500	1
East Lee	EUA	1968	8				2
Eigiau e Coedty	Reino Unido	1925	11				16
El Cobre (rejeito)	Chile	1965					200
Evans e Lockwood (Cascata)	EUA	1989	5,5 / 4,3	Ambas romperam por galgamento	0	Elevado	2
Fergoug ou El Habra	Argélia	1881	43	Fatores Hidráulico-operacionais			209
Frias (Pardo)	Argentina	1970	15	Galgamento			102
Gleno	Itália	1923	44				600
Gotwan	Irã	1980	22	Fatores hidráulico-operacionais			200
Gouhou	China	1993	70	Escorregamento do talude jusante			1257
Granadillar	Espanha	1959	34				9
Hirakud	Índia	1980	61				118
Hyokiri	Coréia do sul	1961	16	Galgamento			139
Iruka	Japão	1868	28	Fatores hidráulico-operacionais			1200
Kansar City	EUA	1977			<60	1000	25
Kansas River	EUA	1951				58000	11
Kantalai	Sri Lanka	1986	27	Erosão interna pelo maciço			127
Karnataka	Índia	1981	2	Fatores hidráulico-operacionais			47
Kelly Barnes	EUA	1977	12,2	Ruptura por erosão interna pelo maciço associada a escorregamento durante uma cheia de 10 anos de período de retorno	<30	250	39
Kendal Lake	EUA	1990		Galgamento	0	Elevado	4
Kénogami	Canadá	1996					5
Kuala Lumpur	Malásia	1961					600
La Paz	México	1976	10				430
Laurel Run	EUA	1977	12,8	Galgamento	0	150	40

Lawn Lake / Cascade Lake	EUA	1968	7,9 / 5,2	Lawn lake rompeu por Erosão interna durante clima normal e Cascade por galgamento a jusante	0	5000	3
Lee Lake	EUA	1968	7,6	Erosão interna	0	80	2
Little Deer Creek	EUA	1963	26,2	Erosão interna do maciço em condições normais do clima	<60	50	1
Lower Otay	EUA	1916	40	Galgamento			30
Machu II	Índia	1979	26	Galgamento			1800
Malpasset	França	1959	60	Colapso devido a um movimento de rocha da ombreira esquerda	0	6000	433
Mill River	EUA	1899		Ruptura durante uma redução de extravazão causada por trincas resultantes da pressão do gela na barragem.			143
Mochikochi (rejeito)	Japão	1978					200
Mohegan Park	EUA	1963	6,1	Erosão interna durante nível elevado causado pela chuva	0	500	6
Nanaksagar	Índia	1967	16	Erosão interna pela fundação			100
Nix Lake	EUA	1989	7	Galgamento	0	6	1
Northern New Jersey	EUA	1984			> 120	25000	2
Orós	Brasil	1960	54	Fatores hidráulico-operacionais			1000
Panshet/ Khadakwasla	Índia	1961	54 / 42	Erosão interna pelo maciço/ Galgamento			1000
Prospect Dam	EUA	1980			> 300	100	0
Puentes	Espanha	1802	21,9	Falha da fundação			608
Quebrada la chapa	Colômbia	1963					250
Sandy Run	EUA	1977	8,5	Galgamento	0		5
Santo Thomas	Filipinas	1976	33	Fatores hidráulico-operacionais durante a construção			80
Sargozan	URSS	1987					28
Sempor	Indonésia	1967	54	Fatores hidráulico-operacionais durante a construção			200
Shivaj i Sakar	Índia	1967	103				180
South Fork – Johnstown	EUA	1889	22	Galgamento			2209
St. Francis	EUA	1928	62	Falha da fundação			450
Stava	Itália	1985					150
Swift / Two Medicine	EUA	1964	47,9 / 11	Galgamento durante um evento extremo	< 90	250	27
Teseno	Itália	1982					214
Teton – Barragem até Wilford	EUA	1976	123	Erosão interna pela fundação durante o primeiro enchimento	<90	2000	7
Teton – Rexburg até American Falls					>90	23000	4
Texas Hill Country	EUA	1978			< 90	1500	25
Tigra	Índia	1917	26	Fatores hidráulico-operacionais			1000
Timber Lake	EUA	1995	10,1	Galgamento	0	4	2
Tirlyan	Rússia	1994	13				75
Torrejon Tajo	Espanha	1965	62	Ruptura de comporta			30
Tous	Espanha	1982	50	Galgamento			40
Vajont	Itália	1963		Galgamento devido a um grande escorregamento de terra sobre o reservatório			2600
Valparaíso	Chile	1888	17				100
Vega de Tera	Espanha	1959	34		0	500	150
Virgínia n°15 (Rejeito)	África do Sul	1994	47				39
Vratsa	Bulgária	1966					600
Walnut Grove	EUA	1890	33	Fatores hidráulico-operacionais			150
Zerbino	Itália	1935	12	Fatores hidráulico-operacionais			111
Zgorigrad	Bulgária	1966	12	Ruptura de barragem a montante			96

## ANEXO B – Casos históricos de incidentes com barragens em Arco e Arco-Gravidade

Barragem	País	Dados Estruturais	Ano Construção/Ano Incidente	Incidente/Dano	Reparo/Estudos e conclusões	Referência
Arequipa	Peru	Arco	/1965	Faturas causadas pela vibração da válvula que estava dentro da barragem.	A afluência estava normal no momento.	FERC,1999
Matilija	EUA	Arco-Gravidade,	1949/1965	A barragem foi considerada insegura como resultado da deterioração do concreto devido ao agregado expansivo. A fundação também foi considerada fraca.	O reservatório foi drenado, a barragem demolida, e o local submerso por uma nova barragem a jusante.	
Vajont	Itália	Arco, 276 m	/1963	Galgamento por uma enorme onda provocada por deslizamento de terra. A onda atingiu mais de 100 metros acima da crista da barragem.	A afluência estava normal no momento. Os danos à barragem foram pequenos, embora o reservatório tenha sido totalmente perdido.	
Malpasset	França	Arco de dupla curvatura, 60 m de altura e comprimento de crista de 223m.	/1959	Colapso devido a um movimento da rocha da ombreira esquerda	A barragem não foi galgada, mas uma grande cheia foi propagada quando a ruptura ocorreu. A barragem foi completamente perdida e 396 pessoas morreram.	
Moyie River	EUA	Arco, 53 pés	1926/1938	O extravasor não suportou uma grande cheia e a ombreira foi erodida e completamente lavada.	A ombreira foi recuperada e a barragem reabilitada.	
Alla Sella Zerbino; Alessandria	Itália	Arco-Gravidade, 39 pés de altura e 262 pés de comprimento de crista.	/1935	Colapso devido ao galgamento e deslizamento na sua fundação.	Cerca de 100 mortos.	
Lake Lanier	EUA	Arco de raio constante, 62 pés de altura e comprimento de 236 pés.	1925/1926	Uma das ombreiras (concreto ciclópico) foi lavada como resultado de uma ruptura do maciço rochoso na margem.	O restante ficou incólume.	
Gleno	Itália	Arcos-múltiplos, 25 arcos com comprimento total de 250 pés. Altura de 143 pés. O fechamento era com barragens de gravidade, o comprimento total da crista era de 863 pés.	1923/1923	Rompeu 30 dias após o enchimento. Houve a queda de 9 arcos devido a uma base fraca de alvenaria.	600 mortos	
Lake Hodges	EUA	Arcos múltiplos, 136 pés de altura e 616 pés de comprimento	1918/1918	A barragem foi danificada por cais quebrados em 1918 mas não rompeu.		
Manitou	EUA	Arco, 50 pés de altura e 300 pés de comprimento.	1917/1924	Um parte da barragem rompeu devido a deterioração do concreto.		

Tolla	França	Arco, muito esbelta, com 295 pés de altura e comprimento de 435 pés.	/1892	Rachaduras severas.	A barragem foi escorada como resposta. As rachaduras devem ter sido causadas estresse de altas temperaturas.	
Leguaseca	Espanha	Arco múltiplos, 66 pés de altura e 230 pés de comprimento	1958/1987	Rompeu aparentemente devido a envelhecimento da estrutura e efeitos de gelo e degelo.		ICOLD,1995
Meihua (ou Plum)	China	Arco de alvenaria, experimental, com 72 pés de altura e comprimento de 211 pés.	1981/1981	Rompeu rapidamente após o enchimento.	Esse tipo de esquema foi abandonado após a ruptura.	
Idbar	Iugoslávia	Arco, 125 pés de altura e 354 pés de comprimento.	1959/1960	Ruptura durante o primeiro enchimento devido a Erosão interna e erosão da fundação.		
Vaughn Creek	EUA	Arco, com 62 pés de altura e comprimento de 312 pés.	1926/1926	Rompeu durante o primeiro enchimento devido a percolação (seepage) e materiais de construção ruins.		
Le Gage	França	Arco, 150 pés de altura, muito esbelta	/1955	Desenvolveu extensa fissuração em ambos paramentos durante o primeiro enchimento, piorando nos próximos 6 anos.	A ruptura de Malpasset motivou o abandono desta barragem e uma nova barragem em arco foi construída a jusante.	Sarkaria, (1997) apud FERC,1999
El Fryle	Peru	Arco, 200 pés		Grande deslizamento de terra em uma de suas ombreiras (abutment), sem provocar a ruptura.	O concreto do bloco da ombreira foi construído e a barragem foi salva.	
Koelnbrein	Austria	Arco		Rachaduras e surgências apareceram na galeria mais baixa da fundação quando o reservatório estava com 80%, dois anos depois do enchimento.	Reparos foram feitos entre 1989 e 1994.	
Zeuzier	Suíça	Arco		A barragem se comportou satisfatoriamente por 20 e começou a se deslocar para jusante devidos a movimentos na ombreira.		

**ANEXO C – Casos Históricos de Barragens de Concreto em Arco com problemas de RAA  
(FERC, 1999)**

<b>Barragem</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>País</b>	<b>Ano de construção</b>	<b>Dano</b>
Alto Ceira	37	Portugal	1949	Deslocamentos e fissuração
Barlett (arcos múltiplos)	87	EUA	1936	Perda de resistência
Bimont	87	França	1952	Expansão e fissuração
Cahora Bassa	170	Moçambique	1974	Infiltração mas sem fissuração
Churchill	39	África do Sul	1943	Fissuração horizontal
Coolidge	77	EUA	1929	Deterioração do concreto
Cooper Basin	64	EUA	1938	
Dinas	14	Wales, Reino Unido	1957	Fissuração significativa
Drum Afterbay	25	EUA	1924	
Gene Wash	48	EUA	1937	Perda de resistência
Gmuend	30	Áustria	1945	
Gibraltar	50	EUA	1920	
Horse Mesa	93	EUA	1927	Deterioração da superfície, algumas trincas abertas
Kariba	126	Zâmbia/ Zimbabwe	1955	Fissuras no vertedouro
Keerom	36	África do Sul	1954	Fissuração
Matilija	38	EUA	1947	Ocorrência de gel no vertedouro, abertura de trincas e fissuração
Maury	72	França	1947	Fissuras
N'Zilo/Delcommune	75	Zaire	1952	Fissuração extensa
Owyhee	127	EUA	1932	Fissuração após 5 anos e deterioração após 11 anos.
Parker	96	EUA	1938	Fissuração superficial e perda de resistência
Pathfinder	65	EUA	1909	Deterioração das paredes da casa de força
Paul Sauer/Kougha	82	África do Sul	1969	Cracking lift joints, deslocamentos
Pietersfontain	29	África do Sul	1966	Nenhum mas houve perda de resistência
Poortjieskloof	36	África do Sul	1955	Fissuração horizontal
Roode Elsburg	72	África do Sul	1968	Nenhum
San Esteban	115	Espanha	1955	Deterioração interna e percolação
Santa Luzia	76	Portugal	1943	Movimentação
Santeetlah	61	EUA	1928	Fissuração
Stewart Mountain	63	EUA	1930	Expansão, movimentação, deterioração
Stolsvatn (Arcos Múltiplos)	18	Noruega	1970	Fissuração superficial e dano devido ao gelo-degelo
Stompdrift (Arcos Múltiplos)	49	África do Sul	1965	Fissuração, abertura de trincas

**ANEXO D - Modelos de propagação disponíveis mundialmente (DEFRA, 2006)**

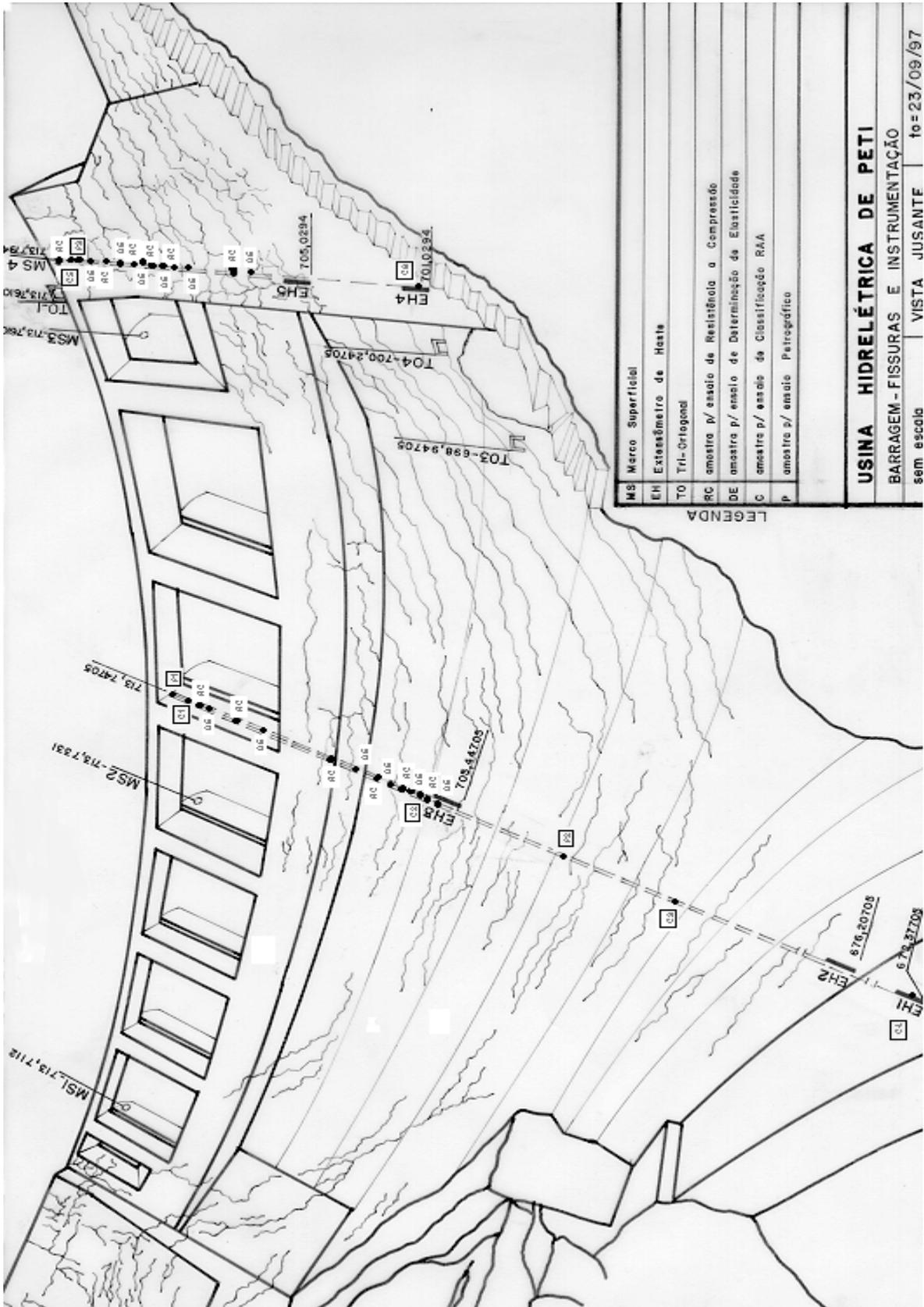
MODELO	CONTATO PRINCIPAL	NÓS	CUSTO (€)	WEBSITE
<b>MODELOS 1D</b>				
Hoc-Ras	US Army Corps of Engineers	n/e	Grátis	<a href="http://www.heB.usace.army.mil/software/hec-ras/">www.heB.usace.army.mil/software/hec-ras/</a>
Mike 11	DHI	250	4.100	<a href="http://www.dhi-uk.com">www.dhi-uk.com</a>
		450	6.800	
Hydro 1D	Mott MacDonald	Programa in-house		<a href="http://www.mottmac.com">www.mottmac.com</a>
InfoWorks RS	Wallingford Software	100	5.300	<a href="http://www.wallingfordsoftware.com">www.wallingfordsoftware.com</a>
		400	7.990	
		1.000	13.300	
		2.000	20.000	
ISIS	Wallingford Software	10.000	25.300	<a href="http://www.wallingfordsoftware.com">www.wallingfordsoftware.com</a>
		100	2.000	
		1.000	8.500	
BOSS DAMBRK	Boss International	300XS	600	<a href="http://www.bossintl.com">www.bossintl.com</a>
		2.000XS	800	
SOBEK	WL/Delft Hydraulics			<a href="http://www.sobek.nl">www.sobek.nl</a>
DAMBRK-UK	Sem suporte (programa histórico)			<a href="http://www.bvl.bv.com">www.bvl.bv.com</a>
FLDWAV	US National Weather Service, compra via US National Technical Information Service (NTIS)	?	\$120	<a href="http://www.fema.gov/flwm/dl fdwv.shtm">www.fema.gov/flwm/dl fdwv.shtm</a> <a href="http://www.ntis.gov">www.ntis.gov</a>
<b>MODELOS 2D</b>				
JFLOW	Desenvolvido por Jeremy Benn Associates	Programa in-house		<a href="http://www.jbaconsulting.co.uk">www.jbaconsulting.co.uk</a>
TUFLOW	WBM Pty Ltd	Sem limite?	3.300	<a href="http://www.tuflow.com">www.tuflow.com</a>
Mike21	DHI	5.000	3.300	<a href="http://www.dhi-uk.com">www.dhi-uk.com</a>
		25.000	6.000	
		50.000	8.000	
Hydro-2D	Mott MacDonald	Programa in-house		<a href="http://www.mottmac.com">www.mottmac.com</a>
DIVAST	Environmental Water Management Research Centre, Cardiff University		3.000	<a href="http://www.engin.cardiff.ac.uk/research/summary.asp?GroupNo=3">www.engin.cardiff.ac.uk/research/summary.asp?GroupNo=3</a>
DelftFLS	Delft Hydraulics			<a href="http://www.wldelft.nl">www.wldelft.nl</a>
SMS	U.S. Army Engineer Research and Development Center, Coastal and Hydraulics Laboratory		\$9250	<a href="http://www.ems-a.com">www.ems-a.com</a>
TELEMAC-2D	Electricité de France, UK Agent HR Wallingford			<a href="http://www.telemacsystem.com/gb/default.html">www.telemacsystem.com/gb/default.html</a>
<b>MODELOS 3D</b>				
Hydro-3D	Mott MacDonald	Programa in-house		<a href="http://www.mottmac.com">www.mottmac.com</a>
Mike 3	DHI	15.000	4.000	<a href="http://www.dhi-uk.com">www.dhi-uk.com</a>
		80.000	9.300	
		160.000	16.800	
Delft 3D	Delft Hydraulics		23.600	<a href="http://www.wldelft.nl">www.wldelft.nl</a>
FLUENT	FLUENT	Sem limite	33.000	<a href="http://www.fluent.co.uk">www.fluent.co.uk</a>
TRIVAST	Environmental Water Management Research Centre, Cardiff University			<a href="http://www.engin.cardiff.ac.uk/research/summary.asp?GroupNo=3">www.engin.cardiff.ac.uk/research/summary.asp?GroupNo=3</a>
TELEMAC-3D	Electricité de France, UK Agent HR Wallingford			<a href="http://www.telemacsystem.com/gb/default.html">www.telemacsystem.com/gb/default.html</a>

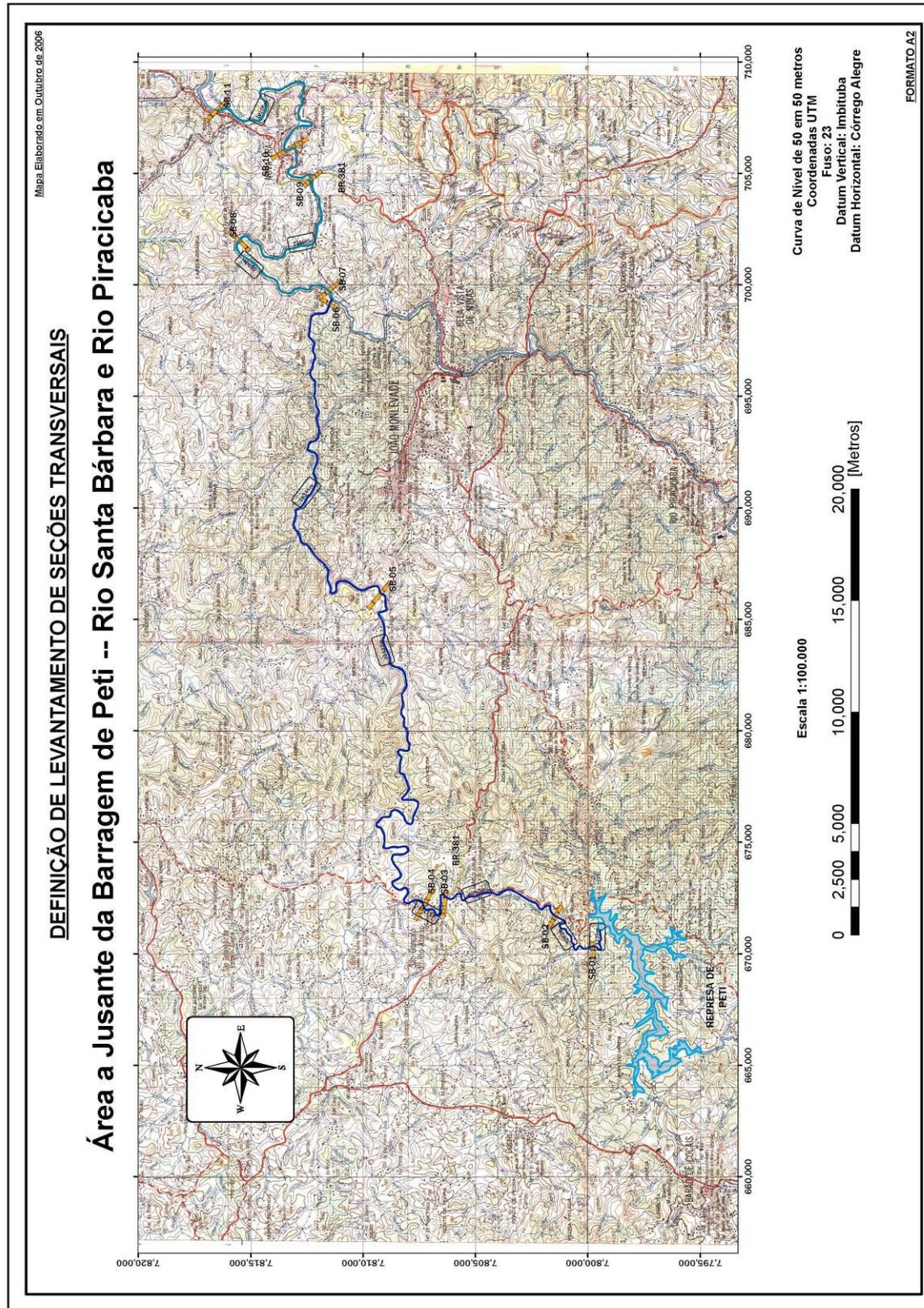
Notas:

1. A presença ou ausência de algum programa nesta lista, não implica em sua aplicabilidade para análise de ruptura de barragens. O objetivo desta lista é fornecer aos usuários um guia sobre os programas que podem ser aplicáveis para análise de ruptura de barragens e fornecer-lhes contatos onde possam obter maiores informações sobre os mesmos.

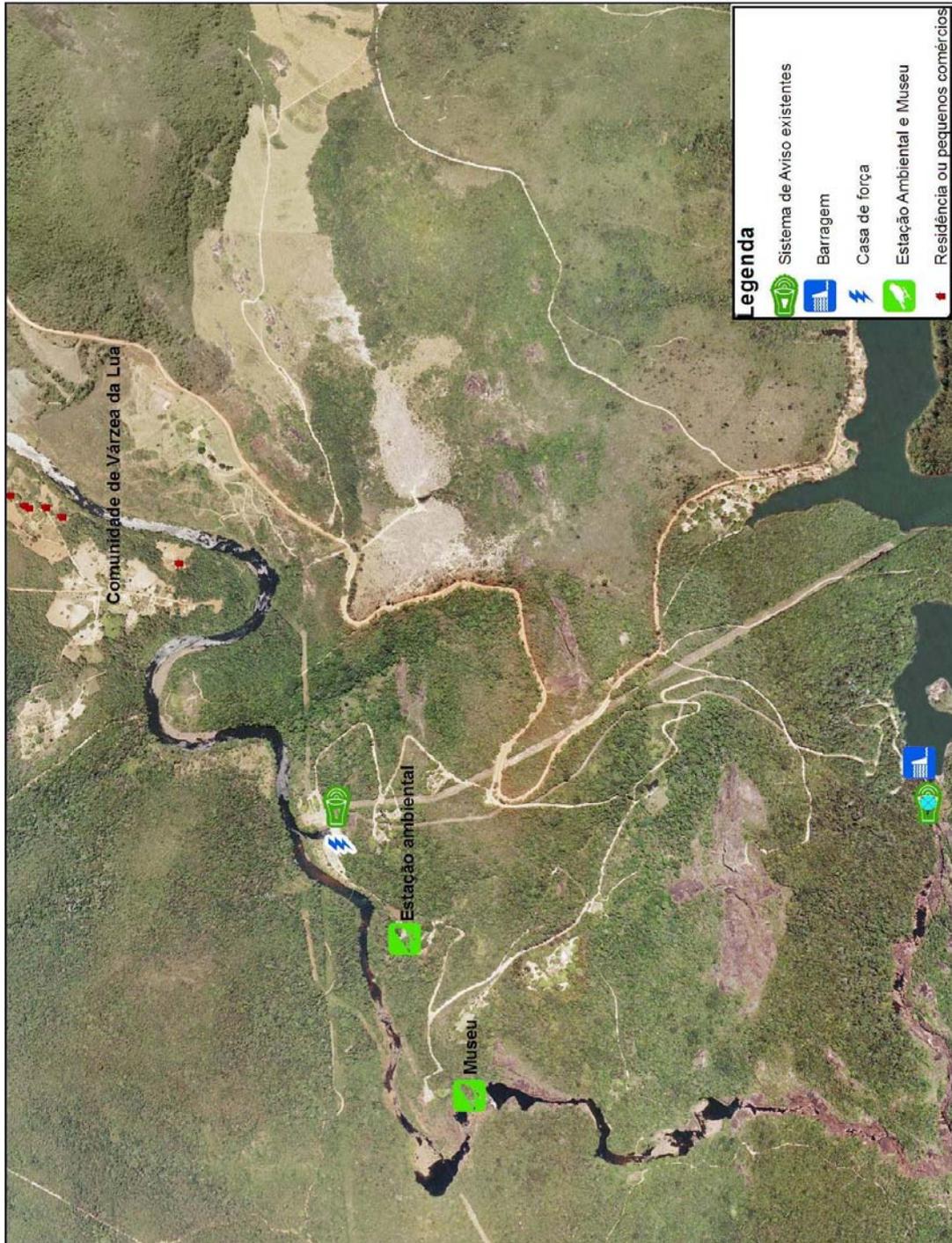
ANEXO E -

Figura E1 – Croquis de Instrumentação da Barragem de Peti





**Figura E2 – Mapa de situação da Usina no Vale do Rio Santa Bárbara**



**Figura E3** – Arranjo da área industrial da UHE PETI



Figura E4 – Situação do vale a jusante de Peti até SGRA

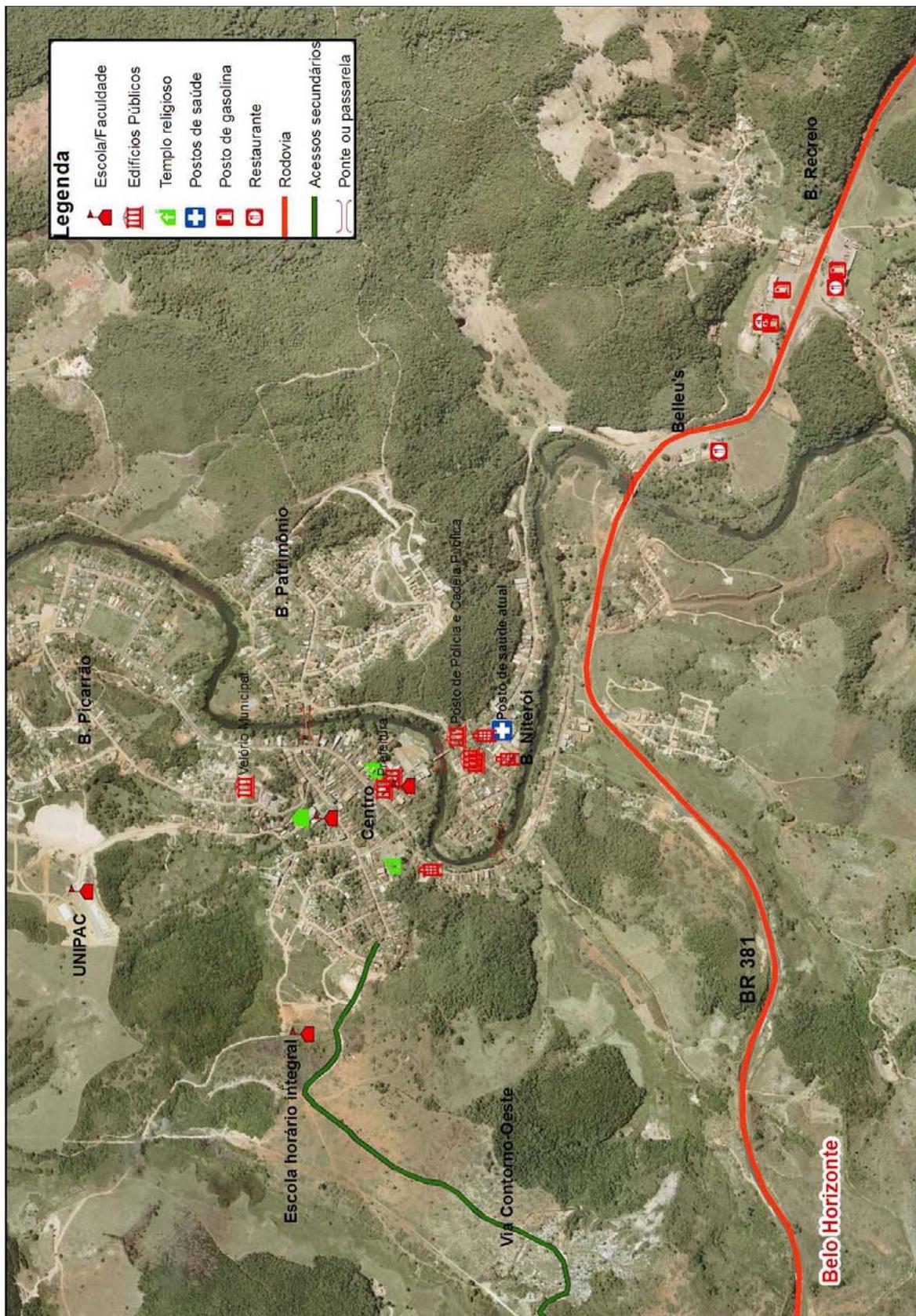
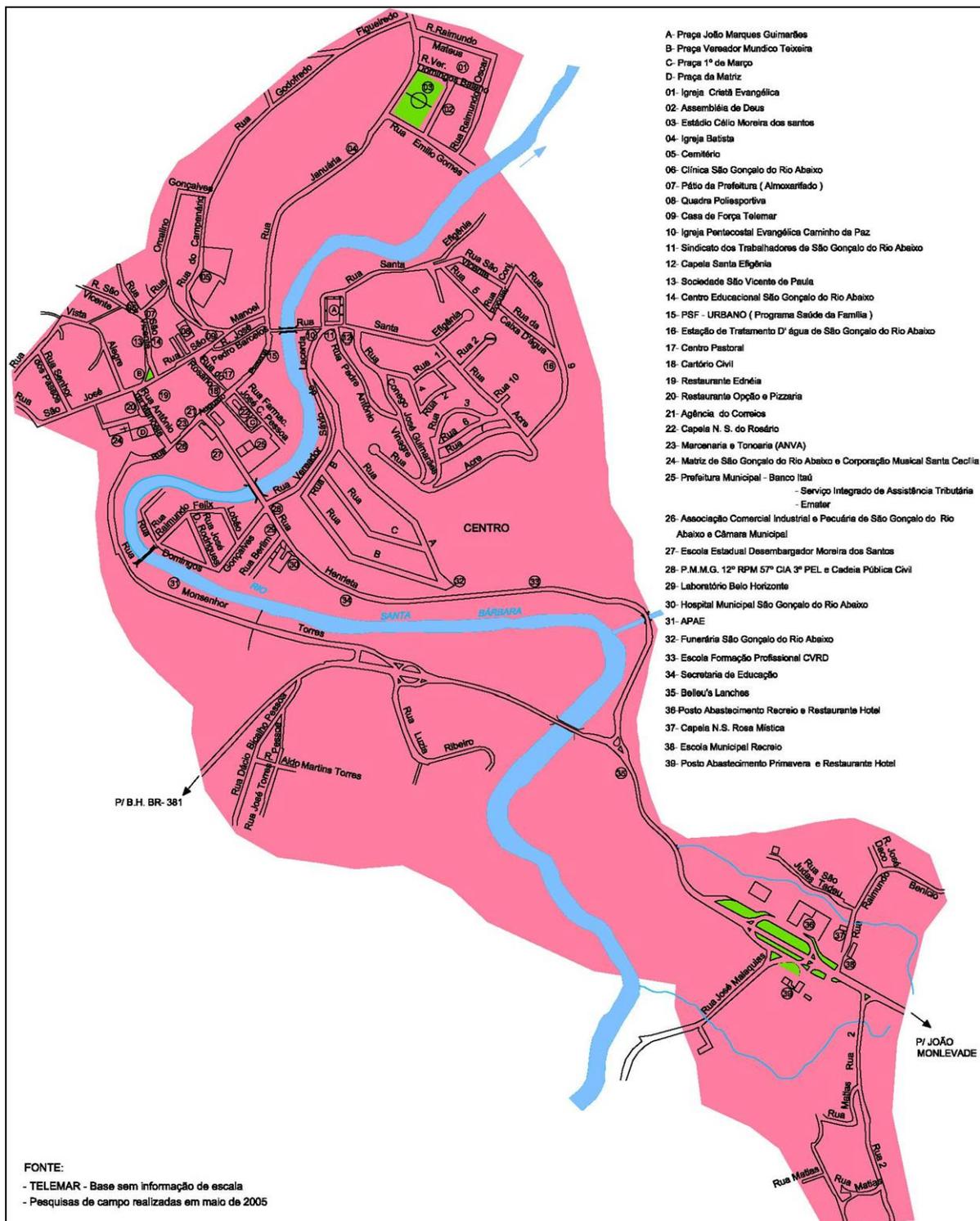


Figura E5 – Detalhe das localidades na área urbana de SGRA com principais edificações indicadas



**Figura E6 – Mapa Municipal de São Gonçalo do Rio Abaixo (IGA, 2005)**



**Figura E7** – Pátio da igreja Matriz – possível “ponto de encontro”



**Figura E8** – Velório municipal – possível local de recepção e manejo de mortos



**Figura E9** – Posto de Saúde municipal



**Figura E10** – Vista externa e interna do ginásio – possível local de Abrigo



**Figura E11** – Implantação da nova escola de período integral – Situação em julho/2007

## **ANEXO F – Fichas de entrevistas utilizadas na cidade de São Gonçalo**

Ficha 1	- Entrevista com o Prefeito
Ficha 2	- Entrevista com atores de desastres passados
Ficha 3	- Entrevista com Chefes de Instituições – CEDEC - MG
Ficha 4	- Primeiros Socorros e Assistência Pré-Hospitalar
Ficha 5	- Atendimento Médico e Hospitalar
Ficha 6	- Saúde Pública
Ficha 7	- Saneamento
Ficha 8	- Abrigos Provisórios e Acampamentos

# FICHA 1

XXXXX – XXXXXX XXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

Estado:.....

Município: .....

Data:.....

## ENTREVISTA COM O PREFEITO

1. Apresentação pessoal
2. Informar sobre:
  - O motivo da visita
  - O que se pretende
3. Solicitar informações sobre:
  - a) O município em geral:

---

---

- b) Existência de desastres:

---

---

- c) COMDEC:

---

---

- d) Líderes do município:

---

---

- e) Recursos em Geral:

Dados Básicos:

---

---

Finanças:

---

---

Empresas:

---

---

Serviços Públicos:

---

---

Associações Comunitárias:

---

---

Administração Municipal - Estrutura:

---

---

Outros Comentários:

---

---

## FICHA 2

XXXXX – Xxxxxx Xxxxxx XXXXXXXX Xxxxxx

Estado:.....

Município: .....

Data:.....

### ENTREVISTA COM ATORES DE DESASTRES PASSADOS

#### 1. Informações pessoais

Nome: .....

Nível de Instrução:..... Profissão:.....

Telefone: ..... E.mail: .....

#### 2. Informações sobre o trabalho do líder na comunidade

a) Quais associações ou entidades em que participa?

.....

b) Quais desastres em que atuou pessoalmente? Quando eles ocorreram? Como foi sua participação?

.....

c) Informações sobre a comunidade:

Sua comunidade já atuou em conjunto para resolver problema? Qual? Como?

.....

Quando acontecem desastres, quais são os maiores problemas verificados?

.....

Quais são as suas sugestões para a comunidade trabalhar melhor em conjunto quando acontecerem desastres?

.....

Na sua opinião, quais são os maiores problemas da cidade?

.....

Outros comentários:

.....

.....

.....

## FICHA 3

XXXXX – XXXXXX XXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

Estado:.....

Município: .....

Data:.....

### ENTREVISTA COM CHEFES DE INSTITUIÇÕES CEDEC - MG

#### 1. Informações pessoais

Nome: .....

Nível de Instrução:..... Profissão:.....

Telefone: ..... Telefax: ..... E.mail: .....

#### 2. Informações sobre a instituição

a) Quais as atividades que a instituição desenvolve em caso de desastres?

.....  
.....  
.....

b) Quais os equipamentos e materiais disponíveis?

.....  
.....  
.....

c) Como funciona o CCE???

.....  
.....  
.....

d) Como atua com cidades do interior com ou sem COMDEC??

.....  
.....  
.....

e) Outras informações sobre a instituição:

.....  
.....  
.....

## FICHA 4

XXXXX – Xxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxx Xxxxxx

Estado:.....

Município: .....

Data:.....

### PRIMEIROS SOCORROS E ASSISTÊNCIA PRÉ-HOSPITALAR

1. Casos de urgência ou emergência são atendidos no município?

.....  
.....

2. As unidades hospitalares e centros de saúde contam com serviços de urgência (pronto-socorro)?

.....

3. Como é o atendimento (bom, médio, mau)?

.....

4. O município e o hospital têm ambulância? Quantas? Qual o estado em que se encontram?

.....  
.....

5. Já foram realizados cursos de treinamento para voluntários, estudantes em primeiros socorros e assistência hospitalar? Quantos?

.....

6. Alguém se preocupa com esses aspectos?

.....

7. Costumam faltar materiais, remédios, oxigênio e equipamento no Pronto Socorro? Ele tem banco de sangue?

.....  
.....

8. Alguma instituição da capital ou do estado, em algum momento se ofereceu para organizar e dar cursos?

.....  
.....

9. O município dispõe de unidades de saúde ou manuais de instrução ou apostilas especializadas sobre o assunto?

.....  
.....

10. Quais as empresas ou instituições com sede no município que contam com serviços médicos e de apoio?

.....  
.....

Outras informações:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## FICHA 5

XXXXX – Xxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxx Xxxxxx

Estado:.....

Município: .....

Data:.....

### ATENDIMENTO MÉDICO E HOSPITALAR

1. Quantos hospitais têm o município? Quantas camas hospitalares?

.....  
.....

2. Quantos e quais são os centros de saúde e postos de saúde?

.....  
.....

3. Quantos médicos e quantas enfermeiras trabalham no município?

.....  
.....

4. Como você classifica a qualidade do atendimento de urgência? (bom, razoável, mau) Porquê?

.....  
.....

5. Quais as áreas de atendimento médico e cirúrgico? Atendem quais especialidades?

.....  
.....

6. A área de traumatologia e ortopedia conta com especialistas e desenvolvimento técnico?

.....  
.....

7. Quais seus recursos?

.....  
.....

8. Existe falta rotineira de medicamentos, equipamento, material médico, sangue etc?

.....  
.....

9. Quais as epidemias e pragas que já afetaram o município nos últimos dez anos?

.....  
.....

10. Quais os principais problemas de saúde da população?

.....  
.....

Outras informações

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## FICHA 6

XXXXX – Xxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxx Xxxxxx

Estado:.....

Município: .....

Data:.....

### SAÚDE PÚBLICA

1. Quais os órgãos de saúde pública que têm sede no município?

.....  
.....

2. Quais as doenças mais freqüentes?

.....  
.....

3. Existem bons programas de vacinação, controle de diarreias, ou de infecções respiratórias agudas?

.....  
.....

4. Qual a situação da alimentação e nutrição no município?

.....  
.....

5. O que sabe sobre a presença de insetos, barbeiros, mosquitos, ratos, caramujos e outros?

.....  
.....

6. Existe problemas de raiva canina, bovina, brucelose ou outros relacionados com animais?

.....  
.....

7. Os casos de tétano são freqüentes?

.....  
.....

8. Como é a ocorrência de alcoolismo e uso de drogas?

.....  
.....

9. Como é a ocorrência de prostituição e das doenças sexualmente transmissíveis?

.....  
.....

10. Quais as epidemias que já ocorreram no município nos dez últimos anos?

.....  
.....

11. O município conta com médico sanitário, veterinário ou outros profissionais da área de saúde pública? Quais?

.....  
.....

.....  
.....

## FICHA 7

XXXXX – XXXXXX XXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

Estado:.....

Município: .....

Data:.....

### SANEAMENTO

#### Água

1. Qual a condição geral do saneamento na cidade sede e no município?

.....  
.....

2. Como é a qualidade da água? É potável?

.....  
.....

3. Como é a sua quantidade? Suficiente ou escassa?

.....  
.....

4. Quais são as condições da rede de abastecimento?

.....  
.....

5. Como é o sistema de tratamento? Quem o opera?

.....  
.....

6. Qual a cobertura domiciliar da rede de água?

.....  
.....

#### Esgoto

7. O município tem rede de esgoto? Qual seu destino final?

.....  
.....

8. Qual a condição das fossas no município?

.....  
.....

9. Qual a cobertura que o município tem com rede de esgotos e fossas?

.....  
.....

10. Qual a cobertura que o município tem com rede de águas pluviais? Qual o seu estado? Existe manutenção?

.....  
.....

#### Lixo

11. Existe serviço de limpeza urbana? É bom ou mau?

.....  
.....

12. Como é o sistema de coleta de lixo e qual seu destino final?

.....  
.....

13. Qual é o estado de higiene de mercados e feiras?

.....  
.....

14. Existe algum sistema rotineiro de controle e inspeção da qualidade dos alimentos? Em especial da carne?

.....  
.....

15. Qual é a situação de matadouros e abatedouros? Existe inspeção e controle sanitário? Qual os destinos finais dos restos e resíduos?

16. Ocorre contaminação ambiental no município? do ar, da água, dos mananciais ou outros???

17. Ocorre contaminação com inseticidas agrícolas?

18. Existem áreas de desmatamento e de produção de carvão?

Outras informações:

## FICHA 8

XXXXX – Xxxxxx Xxxxxx XXXXXXXX Xxxxxx

Estado:.....

Município: .....

Data:.....

### ABRIGOS PROVISÓRIOS E ACAMPAMENTOS

1. Quais as experiências que o município tem nessa área?

.....  
.....

2. O município já teve quantidade expressiva de famílias ou pessoas desabrigadas?

.....  
.....

3. Quais foram às soluções adotadas? Como foram os resultados?

.....  
.....

4. Quais locais do município podem servir como abrigos provisórios?

.....  
.....

5. O município já instalou abrigos para desabrigados?

.....  
.....

6. Qual a instituição ou órgão que se responsabiliza por essas ações? Como é o apoio e a supervisão do funcionamento?

.....  
.....  
.....

8. O município já montou acampamentos para desabrigados? Como foi a experiência? Quais foram os resultados? Que problemas enfrentaram? Em quais áreas?

.....  
.....  
.....

9. O município tem técnicos ou pessoas com experiência na área?

.....  
.....  
.....

10. Qual é o tempo de permanência das pessoas nos abrigos e acampamentos?

.....  
.....  
.....

11. Existe planejamento ou estoques estratégicos de equipamentos e meios de sobrevivência?

.....  
.....  
.....

12. Alguma vez foram utilizadas comunidades irmanadas para apoio aos desabrigados?

.....  
.....  
.....