

## **SERVIÇOS ANALÍTICOS E CONSULTIVOS EM SEGURANÇA DE BARRAGENS**



**PRODUTO 7**  
**MANUAL DE POLÍTICAS E PRÁTICAS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS**  
**MANUAL PARA EMPREENDEDORES**  
**TOMO I**  
**GUIA DE ORIENTAÇÃO E FORMULÁRIOS DOS**  
**PLANOS DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA**  
**RELATÓRIO FINAL**

CONTRATO Nº 051/ANA/2012

**Brasília - DF**  
*Novembro 2014*



**COBA, S.A.**  
**COBA, LTDA.**



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

© Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial

SCN - Qd. 2, Lt. A, Ed. Corporate Financial Center, 7 andar  
Brasília, DF - CEP: 70.712-900  
Brasil  
Tel: (55 61) 3329 1000  
Fax: (55 61) 3329 1010  
[informacao@worldbank.org](mailto:informacao@worldbank.org)

The World Bank  
1818 H Street, NW  
Washington, DC 20433 USA  
tel: (202) 473-1000  
Internet: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)  
Email: [feedback@worldbank.org](mailto:feedback@worldbank.org)

Este relatório é um produto da equipe do Grupo Banco Mundial. As constatações, interpretações e conclusões expressas neste artigo não refletem necessariamente as opiniões dos Diretores Executivos do Banco Mundial nem tampouco dos governos que o representam.

O Banco Mundial não garante a exatidão dos dados incluídos neste trabalho. As fronteiras, cores, denominações e outras informações apresentadas em qualquer mapa deste trabalho não indicam qualquer juízo por parte do Banco Mundial a respeito da situação legal de qualquer território ou o endosso ou aceitação de tais fronteiras.

Conforme o Contrato nº 051 ANA/2012, os direitos de propriedade intelectual da ANA em quaisquer relatórios, estudos, análises ou outros documentos pré-existentes usados pelo BANCO em conexão com os Serviços de Assessoria devem permanecer com a ANA. Os direitos de propriedade intelectual em materiais novos preparados pelo BANCO em conexão com os Serviços de Assessoria devem pertencer a cada uma das partes, desde que, no entanto, ambas as partes tenham o direito universal, não exclusivo, perpétuo e livre de direitos autorais para usar, copiar, exibir, distribuir, publicar e criar trabalhos derivados do todo ou parte desses materiais e incorporar tais informações em suas respectivas pesquisas, documentos, publicações, web sites, e outras mídias sem o consentimento da outra parte, sujeito, porém, as limitações à divulgação de informações confidenciais e quaisquer direitos de terceiros.

Fica expressamente acordado que o uso pelo banco dos direitos de propriedade intelectual referidos no parágrafo anterior, dentro do território brasileiro, precisará de prévia autorização da ANA.

Foto da Capa: Açude Marechal Dutra (Gargalheiras) – Rio Grande do Norte.

Fonte: foto gentilmente cedida pela Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH-RN)

## APRESENTAÇÃO

No âmbito do contrato entre o Banco Mundial e a Agência Nacional de Águas (ANA), foram elaborados pelo Consórcio COBA S.A./COBA Ltda., com o apoio do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Agrupamento COBA/LNEC), manuais para auxiliar a ANA, como entidade reguladora e fiscalizadora de segurança de barragens, e aos empreendedores de barragens por ela reguladas, considerando as suas atribuições definidas na Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010.

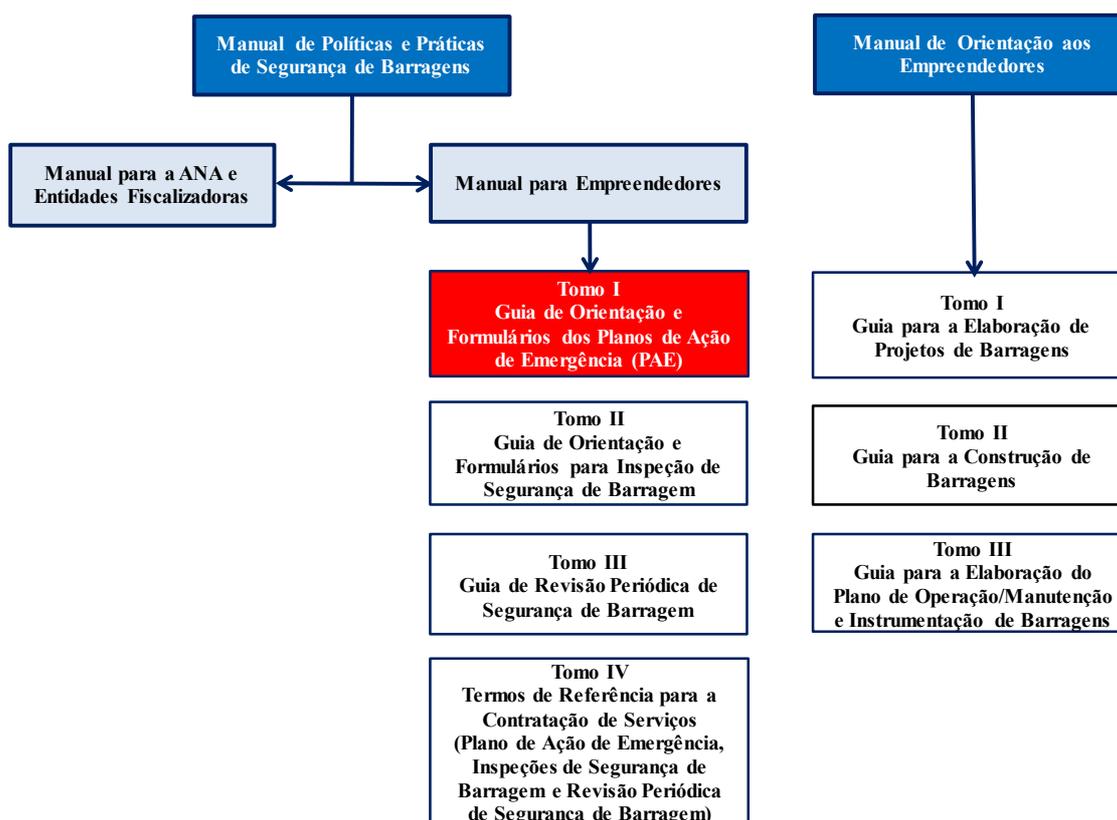
Os manuais elaborados foram os seguintes: Manual de Políticas e Práticas de Segurança de Barragens e Manual de Orientação aos Empreendedores.

O **Manual de Políticas e Práticas de Segurança de Barragens** é constituído por duas partes distintas:

- O **Manual para a ANA e Entidades Fiscalizadoras** dá uma contribuição para a atividade de segurança de barragens da ANA, na sua função reguladora e fiscalizadora de segurança de barragens, com atribuições definidas na Lei nº 12.334/2010, podendo interessar também a outras entidades fiscalizadoras. Inclui especialmente descrição da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), de sua implementação, e das atuações das entidades fiscalizadoras em matéria de regulação e de fiscalização, incluindo recomendações para melhoria contínua dos processos relativos à segurança de barragens.
- O **Manual para Empreendedores** pretende orientar os empreendedores no desenvolvimento das atividades especificamente estipuladas na Lei nº 12.334/2010, relativas ao Plano de Segurança de Barragens, abrangendo a realização de Inspeções de Segurança, a realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e a elaboração do Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido. Está dividido em quatro Tomos, referentes aos Planos de Ação de Emergência (Tomo I), às Inspeções de Segurança (Tomo II), à Revisão Periódica de Segurança de Barragens (Tomo III), cada um deles constituindo um guia e, finalmente, o Tomo IV onde se apresentam Termos de Referência destinados a auxiliar o empreendedor na contratação de serviços (PAE, Inspeções de Segurança e Revisão Periódica de Segurança).

O **Manual de Orientação aos Empreendedores** estabelece orientações aos empreendedores, visando a assegurar adequadas práticas para suas barragens, ao longo das diversas fases da sua vida, designadamente, as fases de planeamento e projeto, de construção e primeiro enchimento, de operação e de descomissionamento (desativação). Está dividido em três Tomos, cada um deles constituindo um guia, referentes à elaboração do projeto de barragens (Tomo I), à construção (Tomo II) e à operação /manutenção e instrumentação de barragens (Tomo III). Este último orienta o empreendedor a elaborar os manuais de procedimentos, planos de inspeções de segurança, de manutenções e de monitoramento, e relatórios de segurança da barragem; e a estabelecer e registrar a regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem e todos os demais registros que são parte do Plano de Segurança da Barragem, conforme a Lei nº 12.334/2010.

No fluxograma seguinte ilustram-se as componentes dos referidos manuais e guias. Em vermelho destaca-se o documento objeto deste relatório.



A elaboração desses Manuais e Guias contou com a participação e conhecimento de profissionais da Agência Nacional de Águas (ANA), sob a coordenação da Superintendência de Regulação (SRE) e participação das Superintendências de Fiscalização (SFI) e de Gestão da Informação (SGI). Como gerentes do contrato atuaram Lígia Maria Nascimento de Araujo, Carlos Motta Nunes e Alexandre Anderaós, todos da Gerência de Regulação de Serviços Públicos e Segurança de Barragens (GESER), vinculada à SRE.

Este relatório foi produzido pela equipe do Agrupamento COBA/LNEC: José Rocha Afonso, Ricardo Oliveira, José Oliveira Pedro, Flávio Miguez e Christianne Bernardo (COBA, S.A.). O trabalho foi desenvolvido sob a direção de Erwin De Nys (Especialista Sênior em Recursos Hídricos), Paula Freitas (Especialista em Recursos Hídricos) e Maria Inês Muanis Persechini (Especialista em Recursos Hídricos) e contou com os aconselhamentos dos consultores Gilberto Valente Canali.

Gostaríamos de agradecer também aos nossos colegas do Banco Mundial, Carolina Abreu dos Santos, Carla Zardo e Vinícius Cruvinel, cujo apoio nos ajudaram a finalizar a edição e divulgação do documento.

# MANUAL DE POLÍTICAS E PRÁTICAS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

## MANUAL PARA EMPREENDEDORES

### INTRODUÇÃO GERAL

As barragens, compreendendo o barramento, as estruturas associadas e o reservatório, são obras necessárias para uma adequada gestão dos recursos hídricos, contenção de rejeitos de mineração ou de resíduos industriais. A construção e a operação das barragens podem, no entanto, envolver danos potenciais para as populações e para os bens materiais e ambientais existentes no entorno.

A segurança de barragens é um aspecto fundamental para todas as entidades envolvidas, tais como as autoridades legais e os empreendedores, bem como os agentes que lhes dão apoio técnico nas atividades, relativas à concepção, ao projeto, à construção, à operação e, por fim, ao descomissionamento (desativação), as quais devem ser proporcionais ao tipo, dimensão e risco envolvido.

Para garantir as necessárias condições de segurança das barragens ao longo da sua vida útil devem ser adotadas medidas de prevenção e controle dessas condições. Essas medidas, se devidamente implementadas, asseguram uma probabilidade de ocorrência de acidente reduzida ou praticamente nula, mas devem, apesar disso, ser complementadas com medidas de defesa civil para minorar as consequências de uma possível ocorrência de acidente, especialmente em casos onde se associam danos potenciais mais altos.

As condições de segurança das barragens devem ser periodicamente revisadas levando-se em consideração eventuais alterações resultantes do envelhecimento e deterioração das estruturas, ou de outros fatores, tais como, o aumento da ocupação nos vales a jusante.

A Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, conhecida por Lei de Segurança de Barragens, estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), considerando os aspectos referidos, além de outros, e definiu atribuições e formas de controle necessárias para assegurar as condições de segurança das barragens.

A Lei de Segurança de Barragens atribui aos empreendedores e aos responsáveis técnicos por eles escolhidos a responsabilidade de desenvolver e implementar o Plano de Segurança da Barragem, de acordo com metodologias e procedimentos adequados para garantir as condições de segurança necessárias. No Brasil, os empreendedores são de diversas naturezas: públicos (federais, estaduais ou municipais) e privados, sendo a sua capacidade técnica e financeira, também, muito diferenciada.

No presente **Manual de Políticas e Práticas de Segurança de Barragens** pretende-se estabelecer orientações gerais que auxiliem o empreendedor na elaboração de Planos de Ação de Emergência (quando exigido), na realização das Inspeções de Segurança e na elaboração das Revisões Periódicas de Segurança que, de acordo com a Lei 12.334/2010, deverão constar do Plano de Segurança da Barragem.

O presente Manual para o Empreendedor compreende três Guias e quatro modelos de Termos de Referência constituindo os seguintes Tomos:

- **Tomo I - Guia de Orientação e Formulários para Elaboração de Planos de Ação de Emergência**, no qual se apresenta o conteúdo e organização tipo de um Plano de Ação de Emergência (PAE).
- **Tomo II - Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem**, no qual se estabelecem procedimentos, conteúdo e nível de detalhamento e análise dos produtos finais das inspeções de segurança.
- **Tomo III - Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem**, no qual se estabelecem procedimentos gerais que devem orientar as revisões do Plano de Segurança da Barragem, com o objetivo de verificar o estado de sua segurança.
- **Tomo IV - Termos de Referência para a Contratação de Serviços (Plano de Ação de Emergência, Inspeções de Segurança de Barragem e Revisão Periódica de Segurança de Barragem)**, onde se apresentam Termos de Referência destinados a auxiliar o empreendedor na contratação desses serviços.

Os Guias devem ser entendidos como documentos evolutivos devendo ser revisados, complementados, adaptados ou pormenorizados, de acordo com a experiência adquirida com sua aplicação e de acordo com a evolução da tecnologia disponível e a legislação vigente.



**SERVIÇOS ANALÍTICOS E CONSULTIVOS EM SEGURANÇA DE  
BARRAGENS PARA A AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA)**

**MANUAL DE POLÍTICAS E PRÁTICAS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS  
MANUAL PARA EMPREENDEDORES**

**TOMO I  
GUIA DE ORIENTAÇÃO E FORMULÁRIOS DOS  
PLANOS DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA**

**Outubro de 2014**

**SERVIÇOS ANALÍTICOS E CONSULTIVOS EM SEGURANÇA DE BARRAGENS  
PARA A AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS**

**MANUAL DE POLÍTICAS E PRÁTICAS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS  
MANUAL PARA EMPREENDEDORES**

**TOMO I  
GUIA DE ORIENTAÇÃO E FORMULÁRIOS DOS  
PLANOS DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA**

**SUMÁRIO**

O QUE É O GUIA PARA ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE) DE BARRAGENS? .....	1
A QUEM INTERESSA? .....	1
QUAL O CONTEÚDO DESTE GUIA? .....	1
COMO ESTÁ ESTRUTURADO ESTE GUIA? .....	2
<b>1 INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM.....</b>	<b>3</b>
1.1 APRESENTAÇÃO DO PAE .....	3
1.2 OBJETIVO DO PAE .....	4
1.3 IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO EMPREENDEDOR, DO COORDENADOR DO PAE E DAS ENTIDADES CONSTANTES DO FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO .....	4
1.4 DESCRIÇÃO DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS .....	6
1.4.1 Identificação e localização da barragem .....	6
1.4.2 Descrição geral da barragem .....	7
1.4.3 Características hidrológicas, geológicas e sísmicas .....	7
1.4.4 Reservatório .....	7
1.4.5 Órgãos extravasores .....	8
1.4.6 Instrumentação .....	8
1.4.7 Acessos à barragem .....	9
1.5 RECURSOS MATERIAIS E LOGÍSTICOS NA BARRAGEM EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA .....	9
1.5.1 Sistemas de iluminação e alimentação de energia .....	9
1.5.2 Sala de emergência .....	10
1.5.3 Recursos materiais mobilizáveis em situação de emergência .....	10
<b>2 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA.....</b>	<b>12</b>
O PLANO DE AÇÃO – IDENTIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO E RESPOSTA .....	12
2.1 DETECÇÃO E AVALIAÇÃO .....	12
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES .....	14
2.3 AÇÕES ESPERADAS .....	16
2.3.1 Nível Verde .....	16
2.3.2 Nível Amarelo .....	16
2.3.3 Nível Laranja .....	16
2.3.4 Nível Vermelho .....	17
<b>3 PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA.....</b>	<b>17</b>
NOTIFICAÇÃO E ALERTA .....	17
3.1 OBJETIVO .....	17
3.2 NOTIFICAÇÃO .....	18
3.3 SISTEMA DE ALERTA .....	18
3.4 FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO .....	20
<b>4 RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE .....</b>	<b>21</b>
QUEM É QUEM? .....	21
4.1 RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR .....	21
4.2 RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE .....	21
4.3 RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPA TÉCNICA .....	22
4.3.1 Organização .....	22

4.3.2	Responsabilidades em barragens com organização simples .....	23
4.3.3	Responsabilidades em barragens com organização complexa .....	23
4.3.4	Responsabilidades de entidades externas .....	23
4.4	ENTIDADES FISCALIZADORAS .....	24
4.5	SISTEMA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL .....	24
<b>5</b>	<b>SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E MAPA DE INUNDAÇÃO .....</b>	<b>25</b>
	QUAL O PERIGO? .....	25
5.1	MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA .....	25
5.1.1	Introdução .....	25
5.1.2	Modelos hidrodinâmicos .....	26
5.1.3	Metodologia simplificada para barragens de pequeno porte .....	26
5.2	CRITÉRIOS E CENÁRIOS DE MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA .....	27
5.2.1	Brecha de ruptura .....	27
5.2.2	Cenários a simular .....	29
5.2.2.1	Introdução .....	29
5.2.2.2	Cenário de ruptura mais provável .....	30
5.2.2.3	Cenário de ruptura extremo .....	31
5.2.3	Extensão do cálculo .....	31
5.3	VALE A JUSANTE E IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS VULNERÁVEIS .....	32
	QUAIS AS VULNERABILIDADES? .....	32
5.3.1	Caracterização do vale a jusante .....	32
5.3.2	Mapa de inundação .....	33
5.3.3	Caracterização da Zona de Autossalvamento .....	34
	<b>ANEXO 1 - PLANO DE TREINAMENTO DO PAE .....</b>	<b>36</b>
1	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>36</b>
2	<b>TESTE DOS SISTEMAS DE NOTIFICAÇÃO E ALERTA .....</b>	<b>36</b>
3	<b>EXERCÍCIO DE NÍVEL INTERNO .....</b>	<b>36</b>
4	<b>EXERCÍCIO DE SIMULAÇÃO .....</b>	<b>37</b>
5	<b>AÇÕES DE SENSIBILIZAÇÃO DA POPULAÇÃO .....</b>	<b>38</b>
	<b>ANEXO 2 - MEIOS E RECURSOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA .....</b>	<b>42</b>
	<b>ANEXO 3 – FORMULÁRIOS-TIPO .....</b>	<b>45</b>
1	<b>FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA .....</b>	<b>45</b>
2	<b>FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA .....</b>	<b>46</b>
3	<b>FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO .....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO 4 – COORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS VULNERÁVEIS NA ZAS .....</b>	<b>50</b>
	<b>ANEXO 5 - TABELAS EXEMPLIFICATIVAS .....</b>	<b>52</b>
1	<b>DETECÇÃO E AVALIAÇÃO .....</b>	<b>52</b>
2	<b>AÇÕES DE RESPOSTA .....</b>	<b>59</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E CONSULTADAS .....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Conceito de situação (ocorrência excepcional ou circunstância anômala).....	13
Figura 2 – Fluxograma de notificação.....	20
Figura 3 – Ações a implementar pelo Coordenador do PAE .....	22
Figura 4 – Fluxograma exemplificativo da organização para exploração da barragem do Empreendedor .....	23
Figura 5 – Organização esquemática do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil....	25
Figura 6 – Caracterização topográfica do vale a jusante. a) seções transversais do vale e a altimetria do SRTM, b) ajustamento de seções regulares às seções naturais.....	27
Figura 7 – Exemplo de imagem do Google-Earth para identificação dos elementos em risco no vale a jusante .....	27
Figura 8 – Esquema da seção típica da brecha em barragens de aterro .....	28
Figura 9 – Exemplo de mapa da Zona de Autossalvamento .....	34
Figura 10 – Exemplo de recomendações para atuação da população durante emergências	39
Figura 11 – Acesso a refúgios. Identificação de zonas críticas.....	40

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Folha de atualização do PAE .....	3
Quadro 2 – Lista de contatos do PAE .....	5
Quadro 3 – Exemplo de lista das entidades para distribuição de cópia do PAE.....	6
Quadro 4 – Caracterização genérica das situações que acionam os diversos níveis de resposta .....	15
Quadro 5 – Valores característicos da brecha de ruptura (adaptado de USBR, 1989).....	29
Quadro 6 – Lista dos recursos renováveis para gestão de emergências na barragem (exemplo). .....	42
Quadro 7 – Lista dos recursos mobilizáveis para gestão de emergências na barragem (exemplo). .....	43
Quadro 8 – Pontes e vias localizadas na ZAS.....	50
Quadro 9 – Pontos vulneráveis na ZAS (Edificações).....	50

## ÍNDICE DE TABELAS NO ANEXO 5

Tabela 1 – Definição do nível de resposta em função do tipo de ocorrência excepcional ou de circunstância anômala (1/2) .....	52
Tabela 2 – Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela inspeção visual em barragens de aterro.....	54
Tabela 3 – Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela exploração do sistema de observação da barragem.....	55
Tabela 4 – Indicadores quantitativos associados ao sistema de instrumentação. Tabela-tipo. Valores a definir para cada barragem.....	58
Tabela 5 – Nível de resposta Verde. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE .....	59
Tabela 6 – Nível de resposta Amarelo. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE .....	60
Tabela 7 - Nível de resposta Laranja. Exemplo de ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE .....	62
Tabela 8 - Nível de resposta Vermelho. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE .....	65

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**ANA** – Agência Nacional de Águas  
**ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica  
**BM** – Banco Mundial  
**CBDB** – Comitê Brasileiro de Barragens  
**CBS** – Serviço de Difusão Celular (em inglês: *Cell Broadcast Service*)  
**CEDEC** – Coordenadoria Estadual de Defesa Civil  
**CEMADEN** – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais  
**CENAD** – Centro Nacional de Gerenciamento de Desastres  
**CNRH** – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
**COMDEC** – Comissão Municipal de Defesa Civil  
**DNPM** – Departamento Nacional de Produção Mineral  
**FMEA** – Análise do Modo e Efeito das Falhas (em inglês: *Failure Mode and Effects Analysis*)  
**FMECA** – Análise do Modo, Efeito e Criticalidade das Falhas (em inglês: *Failure mode, effects and criticality analysis*)  
**IBAMA** – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
**ICOLD** – International Committee on Large Dams  
**INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia  
**INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
**LNEC** – Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
**PAE** - Plano de Ação de Emergência  
**SE** – Sala de Emergência  
**SIG** – Sistema de Informação Geográfica  
**SMS** - Serviço de Mensagens Curtas (em inglês: *Short Message Service*)  
**SNISB** - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens  
**SINPDEC** - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil  
**USA/EUA** - Estados Unidos da América  
**USACE** – United States Army Corps of Engineers  
**ZAS** – Zona de Autossalvamento

# SERVIÇOS ANALÍTICOS E CONSULTIVOS EM SEGURANÇA DE BARRAGENS PARA A AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

## TOMO I

### GUIA DE ORIENTAÇÃO E FORMULÁRIOS DOS PLANOS DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

#### O QUE É O GUIA PARA ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE) DE BARRAGENS?

É um documento que pretende auxiliar a elaboração de Planos de Ação de Emergência (PAE), conforme definido pelo Art. 12 da Lei nº 12.334 de Setembro de 2010.

#### A QUEM INTERESSA?

Interessa especificamente às entidades responsáveis pela elaboração de PAE de barragens e genericamente a todas as entidades diretamente ligadas à área de Segurança de Barragens.

#### QUAL O CONTEÚDO DESTA GUIA?

Este guia apresenta o conteúdo e organização tipo de um PAE à luz do pretendido e do disposto na legislação brasileira de segurança de barragens.

Este documento fornece, igualmente, orientações sobre os critérios a adotar na elaboração de PAE de barragens, que são da responsabilidade do Empreendedor.

As orientações apresentadas neste documento tiveram em consideração as boas práticas existentes nos domínios da avaliação dos riscos e das vulnerabilidades e do planejamento de emergência em barragens.

Este Guia está de acordo com os normativos sobre segurança de barragens emitidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), portanto, está direcionado aos empreendedores de barragens reguladas pela ANA.

## COMO ESTÁ ESTRUTURADO ESTE GUIA?

O guia do PAE está dividido nos cinco seguintes capítulos:

- Capítulo I: apresenta informações gerais sobre o PAE e a caracterização da barragem
- Capítulo II: define critérios para identificação de anomalias ou de condições potenciais de ruptura da barragem bem como os procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência
- Capítulo III: apresenta os procedimentos de notificação e o sistema de alerta necessários para notificar as entidades intervenientes na gestão de emergências e desencadear o aviso às populações
- Capítulo IV: inclui a definição da cadeia de decisão e a identificação dos principais intervenientes no processo de gestão da emergência
- Capítulo V: apresenta métodos e critérios para caracterizar a cheia induzida pela ruptura da barragem, incluindo o correspondente zoneamento de risco no vale a jusante.

O guia do PAE contém ainda os seis seguintes anexos:

- Anexo 1: contém o Plano de Treinamento do PAE
- Anexo 2: contém Quadros-tipo para caracterização dos elementos em risco no vale a jusante
- Anexo 3: contém Quadros-tipo para inventariação de recursos e meios para a gestão da emergência
- Anexo 4: contém formulários direcionados para o PAE
- Anexo 5: contém Tabelas-tipo para deteção, avaliação e classificação do nível de resposta bem como tabelas com as ações a implementar em função desse nível.
- Anexo 6 – Modelo de Plano de Ação de Emergência - PAE

# 1 INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM

## 1.1 APRESENTAÇÃO DO PAE

As barragens induzem riscos e em caso de acidente podem gerar efeitos e consequências graves. Quando tais situações ocorrem é necessário atenuar as consequências, sendo fundamental socorrer as pessoas e proteger os bens em perigo. A Lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), estipula, como um dos instrumentos desta política, a elaboração do Plano de Segurança da Barragem, que deve em determinados casos, conter o PAE.

Assim, a Entidade Fiscalizadora poderá determinar a elaboração do PAE em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para a barragem classificada como de dano potencial associado alto, em observância ao Art. 11 da Lei nº 12.334/2010.

O PAE é um documento que deve ser adaptado à fase de vida da obra, às circunstâncias de operação e às suas condições de segurança. É, por isso, um documento datado que deve ser periodicamente revisado, nomeadamente sempre que haja lugar a alterações dos dados dos intervenientes e, ainda, na sequência da realização de exercícios de teste ou da ocorrência de situações de emergência, que justifiquem alterações ao plano.

A revisão e atualização do PAE é da responsabilidade do Empreendedor.

O PAE deve ser atualizado, de preferência anualmente, sendo incluídas as novas informações e removidos os dados desatualizados e/ou incorretos. As folhas corrigidas deverão ser anotadas adequadamente em seu rodapé e suas cópias serão distribuídas para todas as entidades que participem do PAE e tenham em seu poder uma cópia para uso. Uma lista com as diversas atualizações deve constar do PAE (Quadro 1).

**Quadro 1 – Folha de atualização do PAE**

<b>PAE DA BARRAGEM _____</b>				
<b>CONTROLE DE ATUALIZAÇÕES</b>				
<i>Versão do PAE</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição</i>	<i>Elaborado</i>	<i>Aprovado</i>
Versão 1	Maio 2014	Conteúdo e organização do PAE	Agrupamento COBA/LNEC	ANA
Versão 2	Jun 2015	Implementação dos meios de alerta à população por sinais sonoros		ANA

O treinamento e divulgação do PAE deverá ser uma iniciativa do Empreendedor (ou de alguma entidade por ele designada), processando-se através da realização de ensaios e de exercícios de simulação, bem como de ações de sensibilização da população como descritos no Anexo 1.

## **1.2 OBJETIVO DO PAE**

O PAE é um documento formal, a ser elaborado pelo Empreendedor, no qual deverão ser estabelecidas as ações a serem executadas pelo mesmo em caso de situação de emergência, bem como identificados os agentes a serem notificados dessa ocorrência (Art. 12 da Lei nº 12.334/2010).

O PAE deverá contemplar, pelo menos: i) identificação e análise das possíveis situações de emergência; ii) procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem; iii) procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação; e iv) estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência (Art. 12 da Lei 12.334/2010).

No PAE deverá, igualmente, estar definida a Zona de Autossalvamento (ZAS), ou seja, a região a jusante da barragem em que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. Os critérios para definição da ZAS variam de país para país. A proposta de Minuta da Resolução da ANA referente ao PAE define que para o estabelecimento da ZAS se deve adotar a menor das seguintes distâncias: 10 km ou a distância que corresponda ao tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos.

## **1.3 IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO EMPREENDEDOR, DO COORDENADOR DO PAE E DAS ENTIDADES CONSTANTES DO FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO**

Um dos pontos chaves do PAE é a notificação de entidades com responsabilidades instituídas, devendo constar do PAE a identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Quadro 2 e do Fluxograma de Notificação que consta da Figura 2 (ponto 3.2 - NOTIFICAÇÃO).

## Quadro 2 – Lista de contatos do PAE

<b>EMPREENDEDOR:</b>	Nome: Fone: Celular:
<b>COORDENADOR DO PAE:</b>	Nome: Fone: Celular:
<b>SUBSTITUTO DO COORDENADOR PAE:</b>	Nome: Fone: Celular:
<b>ENCARREGADO:</b>	Nome: Fone: Celular:
<b>ENTIDADE FISCALIZADORA:</b>	Nome: Nome do contato: Fone: Celular:
<b>BARRAGENS NO CURSO DE ÁGUA:</b>	Montante Nome do contato: Fone: Celular:
	Jusante Nome do contato: Fone: Celular:
<b>AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL:</b>	<b>COMDEC – Comissão Municipal de Defesa Civil do Município de.....</b> Nome do contato: Fone: Celular:
	<b>Prefeitura municipal:</b> Nome do contato: Fone: Celular:
	<b>CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de.....:</b> Nome do contato: Fone: Celular:
	<b>Gabinete do Governador de Estado:</b> Nome do contato: Fone: Celular:
	<b>CENAD:</b> Nome do contato: Fone: Celular:
	<b>INPE:</b> Nome do contato: Fone: Celular:
<b>OUTRAS AGÊNCIAS:</b>	<b>CEMADEN:</b> Nome do contato: Fone: Celular:
	<b>INMET:</b> Nome do contato: Fone: Celular:
<b>VALE A JUSANTE:*</b>	<b>Associação de Moradores:</b> Nome do contato: Fone: Celular:
	<b>Empresa/Indústria:</b> Nome do contato: Fone:

Celular:

A implementação eficaz de um PAE exige que os documentos base sejam controlados, com a distribuição de cópias restringida a todas as entidades com responsabilidades instituídas, garantindo o conhecimento e a utilização de planos sempre atualizados. Assim, deve estar identificada a relação das entidades que receberam cópia (Quadro 3).

**Quadro 3 – Exemplo de lista das entidades para distribuição de cópia do PAE**

Entidade	Nº de cópias
Entidade Fiscalizadora (ANA, ANEEL, DNPM, IBAMA, outros)	
Barragem a montante de _____	
Barragem a jusante de _____	
Comissão Municipal de Defesa Civil (COMDEC) do município de _____	
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC) do estado de _____	
Centro Nacional de Administração de Desastres (CENAD)	
INPE (informação meteorológica/hidrológica)	
CEMADEN (informação meteorológica/hidrológica)	
INMET (informação meteorológica/hidrológica)	

## 1.4 DESCRIÇÃO DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS

### 1.4.1 Identificação e localização da barragem

Barragem é qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas (Art.2º da Lei 12.334/2010).

Neste item deverá constar toda a informação da barragem, devendo alguns aspectos estar expressos de forma cartográfica georreferenciada, salientando os seguintes pontos:

- Identificação da barragem
  - o Denominação oficial
  - o Código SNISB
  - o Empreendedor
- Localização da barragem
  - o Coordenadas
  - o Rio
  - o Unidade da Federação
  - o Município
- Classificação da barragem em função do risco

- Existência de barragens a montante e a jusante, por exemplo, um quadro com a seguinte informação por cada barragem situada a montante (ou a jusante)
  - o Denominação da barragem
  - o Rio
  - o Empreendedor
  - o N° de quilômetros a montante (ou a jusante)
  - o Classificação da barragem em função do risco

#### **1.4.2 Descrição geral da barragem**

Neste item deve ser feita uma apresentação geral da barragem, nomeadamente:

- Tipo de barragem
- Altura
- Capacidade de armazenamento total e útil
- Desenvolvimento da crista
- Inclinação dos taludes
- Cotas características (crista, nível superior das comportas, fundação, galerias)
- Volumes (de escavação, concreto no corpo da barragem, etc.)
- Data de construção
- Utilizações a que se destina

#### **1.4.3 Características hidrológicas, geológicas e sísmicas**

Neste item deve ser feita uma descrição geral da bacia hidrográfica:

- Área
- Precipitação média na bacia
- Vazão média anual
- Vazões de cheias

Deve ser apresentado o hidrograma das cheias de projeto afluente e efluente e referidos os sismos de projeto bem como as características geológicas da fundação da barragem e a susceptibilidade a escorregamentos de taludes do respectivo reservatório.

#### **1.4.4 Reservatório**

Neste item deve ser feita uma descrição geral do reservatório e apresentadas as cotas características de exploração, nomeadamente:

- Nível máximo normal (NMN)
- Nível máximo maximorum (NMM)
- Nível mínimo operacional
- Cota superior das comportas
- Cota da soleira vertedoura
- Cota das tomadas de água
- Cota do descarregador de fundo (ou descarga de fundo)

Devem ser apresentadas as curvas de áreas inundadas e de volumes armazenados do reservatório (curvas cota x área e cota x volume).

#### **1.4.5 Órgãos extravasores**

Deve ser feita uma caracterização geral dos órgãos extravasores, em particular: vertedouros de superfície, descarregadores de meio-fundo e de fundo (se existentes), tomadas de água.

Devem ser apresentadas as curvas de vazão dos diferentes órgãos extravasores, a curva de esvaziamento do reservatório (se aplicável) e as regras de operação em situação de cheia.

O **Guia para a Operação/ Manutenção e Instrumentação da Barragem** e o **manual fornecido com o equipamento** devem estar disponíveis junto ao PAE, de forma a facilitar a consulta dos procedimentos para acionar as comportas e as válvulas dos órgãos extravasores que dele constam.

No que diz respeito à caracterização dos órgãos extravasores, dever-se-á contemplar, pelo menos:

- Características principais do vertedouro:
  - o Localização
  - o Tipo
  - o Dissipação de energia
  - o Número de vãos
  - o Cotas (da soleira vertedoura, superior das comportas)
  - o Capacidade máxima de descarga
  - o Comportas (tipo, altura, largura, raios)
  - o Localização do posto de manobra dos equipamentos
- Características principais do descarregador de fundo (ou descarga de fundo):
  - o Localização
  - o Número de condutos
  - o Diâmetro
  - o Cota do eixo
  - o Capacidade de descarga ao nível máximo normal
  - o Câmara de válvulas
  - o Dissipação de energia
  - o Comportas (de segurança e de serviço)
  - o Localização do posto de manobra dos equipamentos
- Características das tomadas de água:
  - o Localização
  - o Nº de condutos
  - o Diâmetro
  - o Cota da tomada de água
  - o Válvulas
  - o Localização do posto de manobra dos equipamentos

#### **1.4.6 Instrumentação**

Neste item deve ser feita uma caracterização geral da instrumentação para controle de segurança estrutural da barragem.

Também deve ser apresentado um breve resumo do sistema de monitoramento dos níveis hidrométricos, afluições ao reservatório e vazões descarregadas (se existente).

#### **1.4.7 Acessos à barragem**

Numa emergência, a execução com sucesso do PAE pode depender de diversos fatores, nomeadamente:

- da possibilidade de a equipe operacional chegar rapidamente e em segurança ao local, para operar o equipamento, avaliar as condições operacionais e proceder a ações de alerta, caso necessário;
- do transporte para o local da barragem de material de construção e de equipamento necessário para proceder a intervenções de emergência consideradas indispensáveis.

Neste capítulo deve ser apresentado o acesso à barragem, sempre que possível, por ambas as margens do rio, com a caracterização sumária das vias de acesso (asfaltadas, não asfaltadas, nº de faixas de rodagem).

Deve apresentar-se um mapa com a localização dos acessos rodoviários referidos e identificar se os mesmos são afetados pela cheia que resulta da eventual ruptura da barragem.

### **1.5 RECURSOS MATERIAIS E LOGÍSTICOS NA BARRAGEM EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA**

Para fazer face a situações de emergência devem existir recursos materiais fixos e mobilizáveis, com destaque para os meios de comunicação, de fornecimento de energia, de alerta, de transporte e outros.

Quanto a recursos fixos salientam-se os seguintes:

- o sistema de alimentação de energia elétrica para os sistemas vitais da barragem;
- a Sala de Emergência;
- o sistema de comunicações, instalado na Sala de Emergência, e o sistema de alerta constituído por unidades de megafonia dispersas na ZAS (quando existentes).

Os recursos mobilizáveis são essencialmente equipamentos e recursos de materiais diversos, devendo também ser identificadas as zonas próximas onde é possível obter estes recursos. Os municípios podem, por exemplo, providenciar, numa situação de acidente, mão de obra, equipamento e materiais.

#### **1.5.1 Sistemas de iluminação e alimentação de energia**

##### **a) Iluminação**

Deve ser mencionada se existe iluminação do aproveitamento, nomeadamente se esta abrange as galerias, a crista e o paramento de jusante da barragem. Esta iluminação é um recurso importante em situação de emergência, devendo ser esclarecido se possui sistema de comutação normal/recurso, permitindo seleccionar a alimentação elétrica a partir da rede ou do gerador de emergência.

#### b) Alimentação de energia dos sistemas vitais da barragem

Devem ser identificados os regimes de serviço que existem na barragem, nomeadamente: normal e de recurso ou emergência.

Deve ser caracterizada a alimentação do regime normal, nomeadamente as ligações às redes de energia elétrica e, em particular identificar os trajetos dos cabos até à barragem.

Deve ser definida a potência do grupo gerador de recurso ou de emergência (grupo gerador diesel-elétrico de socorro, usualmente), a sua autonomia e localização no aproveitamento e órgãos a que este sistema está adstrito, como por exemplo: i) atuadores dos órgãos extravasores; ii) iluminação do paramento de jusante, de galerias de visita e postos de comando locais dos órgãos extravasores; iii) todos os circuitos elétricos da sala de emergência, etc..

### **1.5.2 Sala de emergência**

A Sala de Emergência (SE) é o local onde o Coordenador do PAE e os recursos humanos (nomeadamente, quando a situação de emergência em potencial da barragem o justificar, um elemento de ligação da Defesa Civil) irão permanecer em situação de alerta, e de onde se pode:

- recolher e disseminar informação;
- coordenar e emitir ordens para ações, inclusive através do sistema telemérico dedicado;
- mobilizar e gerir recursos;
- manter e arquivar registos do desenrolar da situação (de forma a permitir o posterior levantamento) e dos custos relacionados com as operações de emergência;
- manter a comunicação com os agentes envolvidos no controle da situação de emergência (centros operacionais de Defesa Civil, Entidades Fiscalizadoras e responsáveis pela operação das barragens a montante e a jusante).

Neste tópico deve informar-se qual a localização da SE que deve reunir boas condições topográficas e de visibilidade para a barragem.

Na SE devem estar instaladas as interfaces de comunicação com os sistemas de notificação e de alerta.

### **1.5.3 Recursos materiais mobilizáveis em situação de emergência**

No que diz respeito a recursos materiais mobilizáveis para responder a emergências, incluem-se os seguintes:

- equipamentos diversos (gruas, caminhões, retro-escavadoras);
- meios de transporte terrestres disponíveis para as operações de alerta na ZAS, em complemento do sistema de alerta fixo e meios de transporte fluviais;
- equipamento de segurança do qual se salientam: i) grupos eletrogêneos móveis; ii) projetores e material de iluminação; iii) meios portáteis de emissão em alta voz; iv) meios de comunicação suplementares.

No que diz respeito aos recursos materiais renováveis, incluem-se os seguintes:

- combustíveis e lubrificantes;
- material diverso de manutenção e reparação;
- material para primeiros socorros.

Deve apresentar-se uma lista com os meios e recursos disponíveis (vide exemplos no Anexo 2).

## 2 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA

### O PLANO DE AÇÃO – IDENTIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO E RESPOSTA

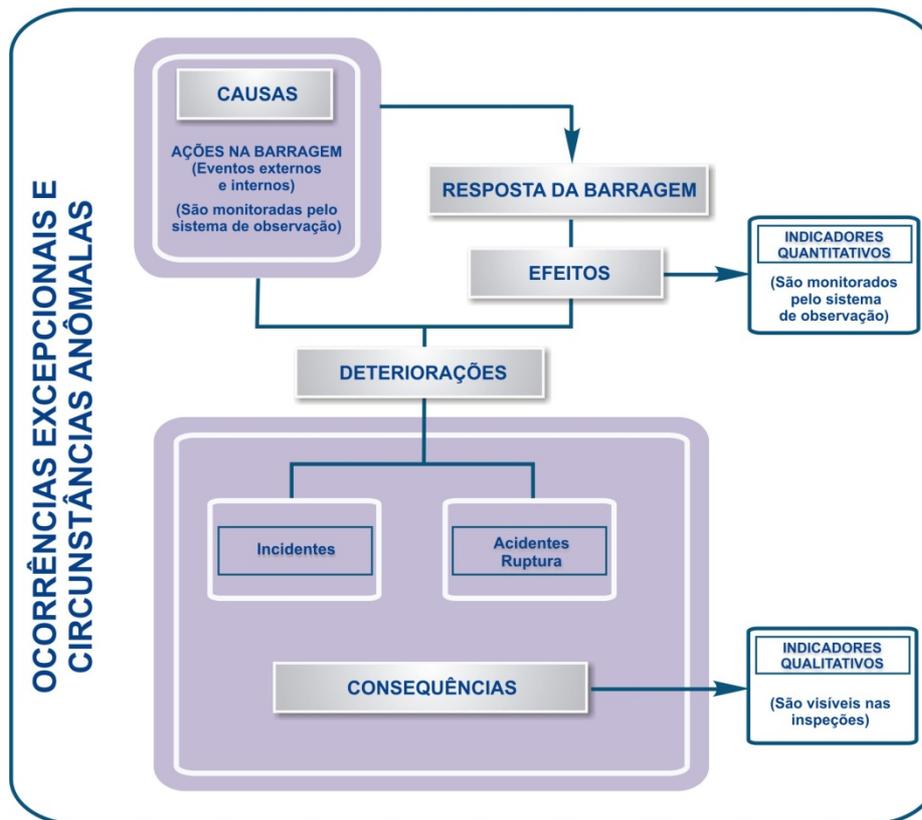
#### 2.1 DETECÇÃO E AVALIAÇÃO

Considera-se uma situação qualquer ocorrência gerada por eventos naturais ou provocados, que em combinação com a resposta da barragem, podem dar origem a **deteriorações** e que, no caso mais extremo, podem ocasionar a ruptura da mesma, levando à liberação súbita do volume de água armazenado.

Segundo ICOLD, 1994, o conceito *deterioração* engloba ainda os seguintes termos (cf. Figura 1):

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

No PAE deve realizar-se uma descrição das situações que podem afetar a segurança e produzir uma situação de emergência para a barragem e o respectivo nível de resposta (vide classificação a apresentar no ponto seguinte). A Tabela 1 (Anexo 5) apresenta um exemplo deste tipo de instrumento de avaliação.



**Figura 1 – Conceito de situação (ocorrência excepcional ou circunstância anômala)**

Estas situações podem ser diferentes em cada barragem concreta e apresentarem características específicas em cada caso, no entanto, em geral, devem considerar-se:

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

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES

A gestão da emergência é efetuada em função do nível de resposta que é a convenção utilizada para graduar as situações que podem comprometer a segurança da barragem e ocupações a jusante e ativar um processo de emergência na barragem.

A classificação do nível de resposta deve ser feita em quatro níveis, de acordo com a descrição das características gerais de cada situação de emergência em potencial da barragem:

- (Nível de resposta 0 – Normal (verde): quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem não comprometam a segurança da barragem, mas devam ser controladas e monitoradas ao longo do tempo;
- Nível de resposta 1 – Atenção (amarelo): quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem não comprometam a segurança da barragem no curto prazo, mas devam ser controladas, monitoradas ou reparadas;
- Nível de resposta 2 – Alerta (laranja): quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem risco à segurança da barragem, no curto prazo, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema;
- Nível de resposta 3 – Emergência (vermelho): quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos decorrentes do colapso da barragem.

No **Quadro 4** apresenta-se a caracterização genérica das situações que acionam os quatro níveis de resposta.

Cada barragem tem diferentes indicadores de ocorrências excepcionais ou de circunstâncias anômalas de comportamento de acordo a sua tipologia, altura, climatologia da bacia hidrográfica, geologia. Mais concretamente, e de acordo com a abordagem seguida em Espanha (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1998), verifica-se que (cf. Figura 1):

- os efeitos (monitorados pelo sistema de observação da barragem) e as ações que derivam dos eventos externos (monitorados pelos sistemas de monitoramento de eventos hidrológicos e sísmicos) podem dar origem a grandezas que são mensuráveis pelo que constituem os denominados indicadores quantitativos de eventuais problemas na barragem;
- as consequências da deterioração (detectadas pelas inspeções visuais da barragem) podem dar origem a alterações "visíveis" no nível da aparência da barragem e dos seus órgãos extravasores (são essencialmente fendilhação, infiltrações e deslocamentos) pelo que constituem os denominados indicadores qualitativos de eventuais problemas na barragem.

**Quadro 4 – Caracterização genérica das situações que acionam os diversos níveis de resposta**

Nível de Resposta	Situação
<b>VERDE</b>	Situações de incidente declarado ou previsível, com as seguintes características: i) serem estáveis ou que se desenvolvem muito lentamente no tempo; ii) poderem ser controladas pelo Empreendedor; iii) poderem ser ultrapassadas sem consequências nocivas no vale a jusante.
<b>AMARELO</b>	Situações que impõem um estado de atenção na barragem e/ou no vale a jusante, inclusive no caso em que a magnitude da vazão afluyente ao reservatório exija a liberação de vazão efluente superior às condições de restrição a jusante (cotas ou vazões limites impostas para evitar inundação de habitações ou infraestruturas importantes). As características principais são: i) a situação tende a progredir lentamente, permitindo a realização de estudos para apoio à tomada de decisão; ii) existe a convicção de ser possível controlar a situação, embora o coordenador do PAE possa vir a necessitar de assistência especial de entidades externas; iii) existe a possibilidade de a situação se agravar e de se desenvolverem efeitos perigosos no vale a jusante sobre pessoas e bens.
<b>LARANJA</b>	Situações que impõem um estado de alerta geral na barragem. As características principais deste nível de resposta são as seguintes: i) a situação tende a progredir rapidamente, podendo não existir tempo disponível para a realização de estudos para apoio à tomada de decisão; ii) admite-se não ser possível controlar o acidente, tornando-se indispensável a intervenção de entidades externas; iii) existe a possibilidade de a situação se agravar com a ocorrência de consequências muito graves no vale a jusante.
<b>VERMELHO</b>	Situação de catástrofe inevitável, incluindo o início da ruptura da barragem.

No PAE devem ser desenvolvidas tabelas para a interpretação destes indicadores qualitativos e quantitativos. Em geral, e, sempre que tecnicamente possível, os limites que definem os diferentes níveis de resposta devem ser estabelecidos por indicadores quantitativos, i.e., devem poder ser representados através de valores numéricos. Uma relação de possíveis indicadores qualitativos, associados a possíveis causas e efeitos de situações, consta dos exemplos apresentados na Tabela 2 e na Tabela 3 (Anexo 5). No mesmo anexo, a Tabela 4 apresenta exemplos de indicadores quantitativos.

Os formulários das inspeções de segurança da barragem devem, no caso de barragens já existentes, estar disponíveis junto ao PAE, por forma a facilitar a consulta dos critérios de classificação do nível de resposta que deles devem constar.

Neste ponto podem, igualmente, ser utilizados métodos de análise de riscos de barragens como a Análise do Modo e Efeito das Falhas (FMEA) e Análise do Modo, Efeito e Criticalidade das Falhas (FMECA).

## **2.3 AÇÕES ESPERADAS**

Neste capítulo devem ser definidas as ações de resposta a implementar pelo coordenador do PAE, uma vez identificado o nível de resposta correspondente à situação.

### **2.3.1 Nível Verde**

O nível Verde do processo de planejamento de emergência é iniciado quando é detectada uma anomalia ou evento para a barragem que não põe em risco a segurança estrutural da barragem nem dos seus órgãos extravasores. No nível de resposta Verde, as principais ações a desencadear pelo Coordenador do PAE são:

- monitorar a situação, registrando todas as ações adotadas na resolução do problema;
- implementar medidas preventivas e corretivas;
- notificar os recursos humanos da barragem e o Empreendedor.

As ações de resposta para o nível Verde são apresentadas de forma sistemática na Tabela 5 (Anexo 5).

### **2.3.2 Nível Amarelo**

O nível *Amarelo* do processo de planejamento de emergência corresponde a situações que impõem um estado de atenção na barragem. As principais ações a desencadear pelo Coordenador do PAE são:

- notificar os recursos humanos na barragem e eventualmente monitorar a situação com base em vigilância permanente (24 h/dia), nomeadamente mantendo-se atualizado sobre a evolução das condições meteorológicas e hidrológicas e, se necessário, pedindo previsões especiais de precipitações e ventos, por exemplo, ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), ao Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) –;
- verificar a operacionalidade dos meios e registrar todas as ocorrências e procedimentos;
- implementar as medidas preventivas e corretivas, incluindo trabalhos de reabilitação (reparação e reforço), no sentido de tentar minimizar as consequências do incidente ou de corrigir deteriorações na barragem;
- notificar o Empreendedor, a Entidade Fiscalizadora e os responsáveis pelos Serviços de Defesa Civil;
- acionar o sistema de alerta à população da ocorrência de descargas, caso estas estejam previstas.

As ações de resposta para o nível Amarelo são apresentadas de forma sistemática na Tabela 6 (Anexo 5).

### **2.3.3 Nível Laranja**

O nível *Laranja* do processo de planejamento de emergência corresponde a situações que impõem um estado de alerta geral na barragem.

No nível de resposta Laranja, as principais ações a desencadear pelo Coordenador do PAE são idênticas às preconizadas para o nível anterior, ou seja, monitorar a situação (registrando todas as ocorrências e procedimentos), implementar medidas de mitigação e notificar recursos humanos internos e entidades externas intervenientes na gestão da emergência (Entidades Fiscalizadoras e Serviços de Defesa Civil). A principal ação do Coordenador do PAE é, neste nível, a de acionar o sinal de alerta à população na zona de autossalvamento para entrar em estado de “prontidão” para eventual evacuação. As ações de resposta para o nível Laranja são apresentadas de forma sistemática na Tabela 7 (Anexo 5).

#### **2.3.4 Nível Vermelho**

Neste nível a ruptura já é visível ou constituiu uma realidade a curto prazo. A principal ação do Coordenador do PAE é, neste nível, o acionamento do sistema de alerta à população na ZAS com vista à sua evacuação. Deverão também ser desencadeadas as ações previstas no nível anterior, ou seja, monitorizar a situação, implementar medidas de mitigação, notificar entidades e registrar todas as ocorrências e procedimentos.

As ações de resposta para o nível Vermelho são apresentadas de forma sistemática na Tabela 8 (Anexo 5).

### **3 PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA**

#### **NOTIFICAÇÃO E ALERTA**

##### **3.1 OBJETIVO**

No contexto do PAE, o objetivo dos sistemas de notificação e alerta é o de avisar os intervenientes e decisores principais das ações de emergência e, quando se revelar necessário, alertar a população em risco na ZAS. A notificação através do PAE associada aos níveis de alerta mais elevados poderá acionar o planejamento de emergência do Sistema de Defesa Civil.

Os sistemas de notificação e de alerta compreendem a especificação dos indivíduos e entidades a notificar e a definição de um conjunto de meios de comunicação cuja instalação e manutenção os permita conservar em condições confiáveis e eficazes. Assim, neste ponto o PAE deve:

- definir quem notifica e quem é notificado;
- identificar os nomes dos intervenientes e das organizações responsáveis no processo e os respectivos números de telefone e recursos alternativos de comunicação;
- definir os meios de comunicação entre o Coordenador do PAE (responsável pelo desencadear do alerta) e as entidades a alertar;
- Definir os dispositivos de alerta sonoros que têm por função informar a população na ZAS da iminência ou ocorrência de um acidente na barragem.

### 3.2 NOTIFICAÇÃO

A notificação deve ser estabelecida entre os indivíduos responsáveis pela operação e segurança da barragem (notificação interna), e entre estes e as entidades externas com responsabilidades instituídas (Entidades Fiscalizadoras, Sistema de Defesa Civil).

As entidades a notificar pelo coordenador do PAE devem ser, obrigatoriamente, o Empreendedor, a Entidade Fiscalizadora e o Sistema de Defesa Civil, nomeadamente (vide Figura 2):

- em âmbito municipal, as Coordenadorias Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que acionam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo secretarias municipais de saúde e serviços de águas e esgoto);
- em âmbito estadual, as Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC), órgãos ligados aos gabinetes dos Governadores que acionam os meios associados aos órgãos estaduais (por exemplo a polícia militar e os Corpos de bombeiros);
- em âmbito federal, o Centro Nacional de Administração de Desastres (CENAD).

Pode ainda revelar-se necessário contatar as barragens situadas a montante e a jusante e entidades externas como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que podem fornecer informação no domínio da hidrometeorologia e da meteorologia.

Os contatos das entidades referidas devem encontrar-se organizados num quadro a colocar no início do PAE, tal como consta do **Quadro 2** (ponto 1.3 - *IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO EMPREENDEDOR, DO COORDENADOR DO PAE E DAS ENTIDADES CONSTANTES DO FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO*).

O PAE deve prever a comunicação com entidades para efeitos de alerta por vários meios, assegurando a redundância, a saber:

- serviço telefónico fixo que permite tráfego de voz, telecópia (fax);
- redes de comunicações celulares GSM que permite tráfego de voz e mensagens;
- serviço de acesso à Internet;
- serviço de rádio-comunicações que permite tráfego de voz.

O Anexo 3 apresenta três formulários direcionados para o PAE, nomeadamente os formulários de declaração de início e de encerramento de emergência e o de mensagem de notificação.

### 3.3 SISTEMA DE ALERTA

O sistema de alerta é estabelecido, no caso do PAE, através da comunicação entre os agentes responsáveis pela operação e segurança da barragem e a população em risco na ZAS.

Os meios de alerta mais diretos são:

- alarmes domésticos, recorrendo a contatos diretos através dos telefones fixos e celulares (nos casos mais evoluídos, o uso de telefones pode ser materializado através de chamadas automáticas controladas por um sistema interligado com o sistema de vigilância da barragem);
- alarmes públicos através de sinais sonoros (sirenes fixas e megafones em viaturas móveis);
- os meios de comunicação social (mensagens ao público através de boletins de rádio e televisão);
- publicação e afixação de comunicados de alerta;
- avisos pessoais "porta a porta" ou alertas por mensagens de texto recorrendo aos serviços disponibilizados pelas redes GSM.

A escolha do meio de alertar a população a adotar deverá ser baseada na extensão da zona afetada, no tipo, dimensão e dispersão geográfica da população a avisar (pequenas povoações rurais, grandes aglomerados urbanos, fazendas dispersas, etc.), na proximidade geográfica dos agentes de defesa civil e nos meios e recursos disponíveis pelo Sistema de Defesa Civil.

Os alarmes domésticos e o aviso porta a porta só são possíveis para populações de dimensão não muito grande e requerem listas com informação atualizada sobre nome e morada da população residente e respectivos números de telefone e/ou celular.

Na ZAS, o tempo disponível para os agentes de defesa civil atuarem é escasso, sendo a implementação dos meios de alerta à população uma responsabilidade do Empreendedor que pode optar pela automatização total do sistemas de alerta (por sirenes ou o sistema de alerta pessoal por mensagens de texto, por exemplo).

Do PAE deve constar um mapa com a localização das sirenes (quando previstas) que deve ter em especial atenção o alerta nos locais mais vulneráveis da ZAS, ou seja, na zona das barragens e nos locais com edificações fixas.

O sistema de alerta pessoal por mensagens de texto utiliza a rede de celulares para avisar a população afetada pela emergência. Este sistema utiliza os serviços de mensagens disponibilizados pelas redes GSM dos operadores nacionais. O envio de mensagens para grupos de utilizadores de celulares destas redes pode ser feito através de dois serviços: o serviço de mensagens curtas e o serviço de difusão celular.

O Serviço de Mensagens Curtas, também conhecido por SMS (Short Message Service), é um serviço que permite enviar mensagens de texto de pequena dimensão para celulares. O serviço tem uma elevada popularidade no Brasil estando o seu tráfego a crescer de forma sustentada nos últimos anos.

O Serviço de Difusão Celular, também conhecido por *Cell Broadcast Service* (CBS), é um serviço mais recente e menos conhecido das redes GSM, que permite enviar mensagens para celulares que se encontrem na área de cobertura de uma célula. Possui duas vantagens: a capacidade de enviar uma única mensagem para uma população de grandes dimensões de uma forma muito eficiente e a capacidade de enviar mensagens para uma área geográfica específica.

### 3.4 FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO

Neste ponto deve ser desenvolvido o fluxograma a seguir em caso de emergência para a notificação dos indivíduos e das entidades e o alerta da população em risco (Figura 2).

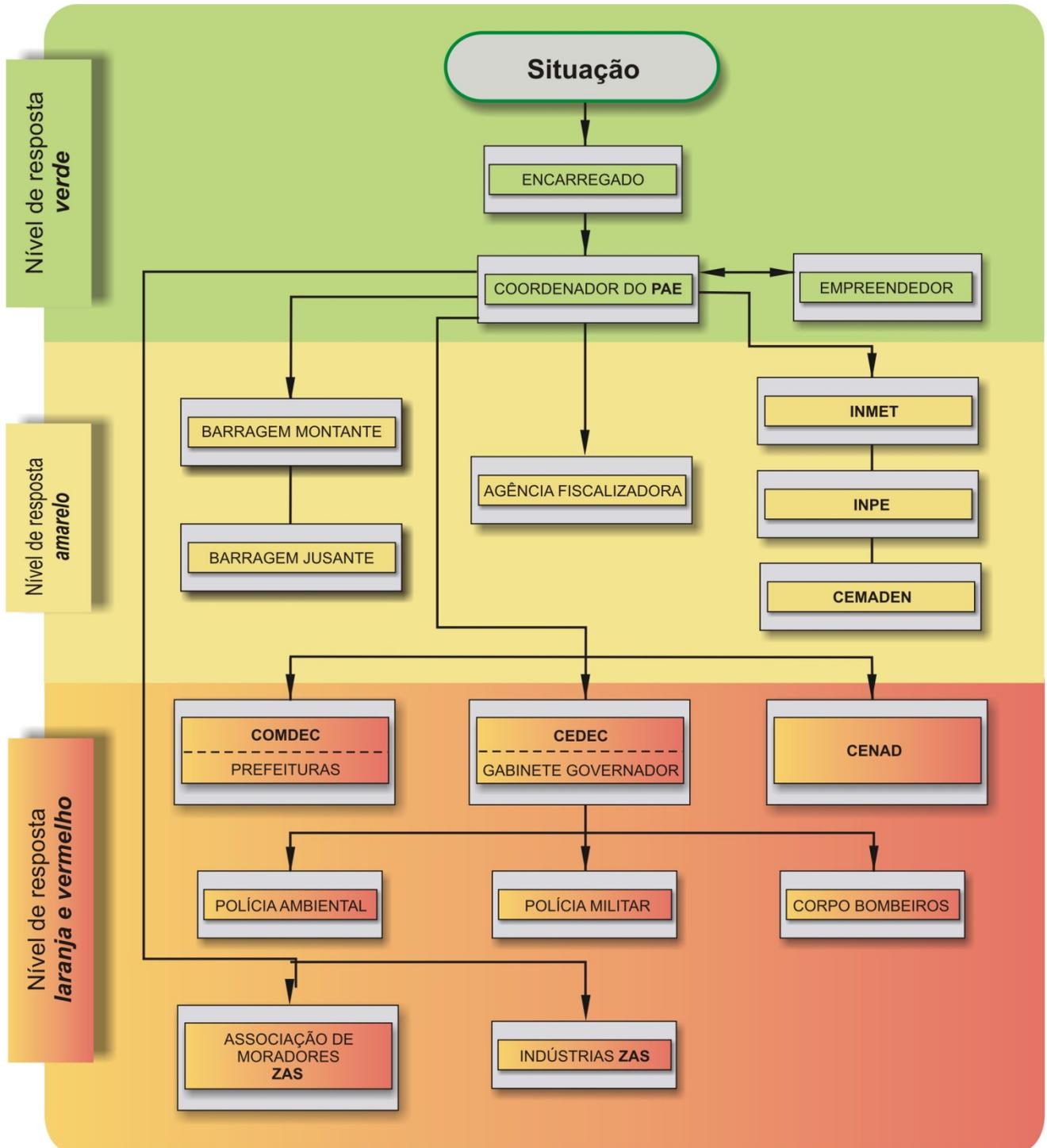


Figura 2 – Fluxograma de notificação

## 4 RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE

### QUEM É QUEM?

#### 4.1 RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR

O **Empreendedor** é o agente privado ou governamental com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade. É o responsável por elaborar documentos relativos à segurança da barragem, bem como por implementar as recomendações contidas nesses documentos e atualizar o registro das barragens de sua propriedade, ou sob sua operação, junto às entidades fiscalizadoras.

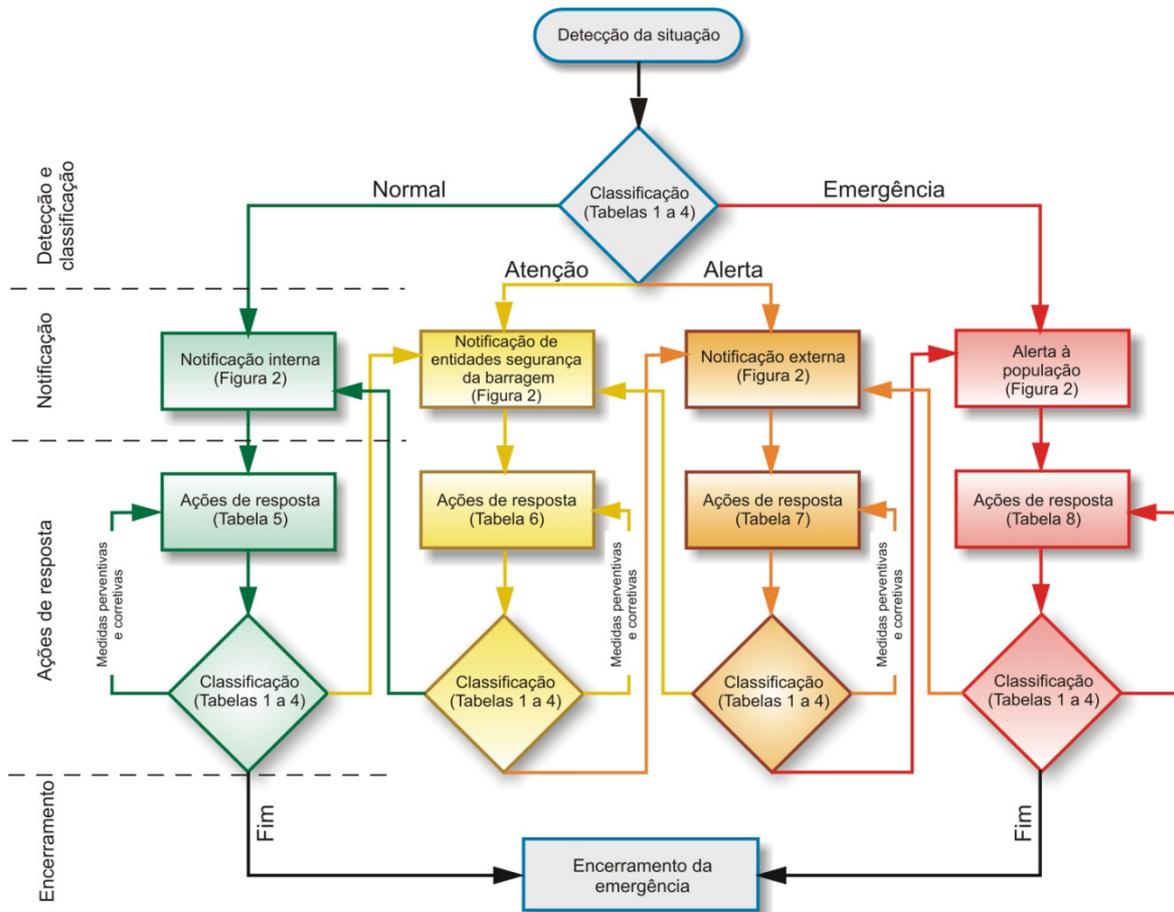
No âmbito do PAE, cabe ao Empreendedor:

- a) providenciar a elaboração e atualizar o PAE;
- b) promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
- c) participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com as prefeituras e organismos de defesa civil;
- d) designar formalmente um coordenador para executar as ações descritas no PAE;
- e) detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis de resposta;
- f) declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- g) executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- h) alertar a população potencialmente afetada na ZAS;
- i) notificar as autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- j) emitir declaração de encerramento da emergência;
- k) providenciar a elaboração do relatório de encerramento de eventos de emergência.

#### 4.2 RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE

As ações a que se referem os pontos e), f), g), h), i), j) e k) podem ser delegadas ao **Coordenador do PAE**, designado pelo Empreendedor, caso este não exerça essa função.

O Coordenador do PAE, é, assim, o responsável por coordenar as ações descritas no PAE (*vide* Figura 3), devendo estar disponível para atuar prontamente nas situações de emergência em potencial da barragem.

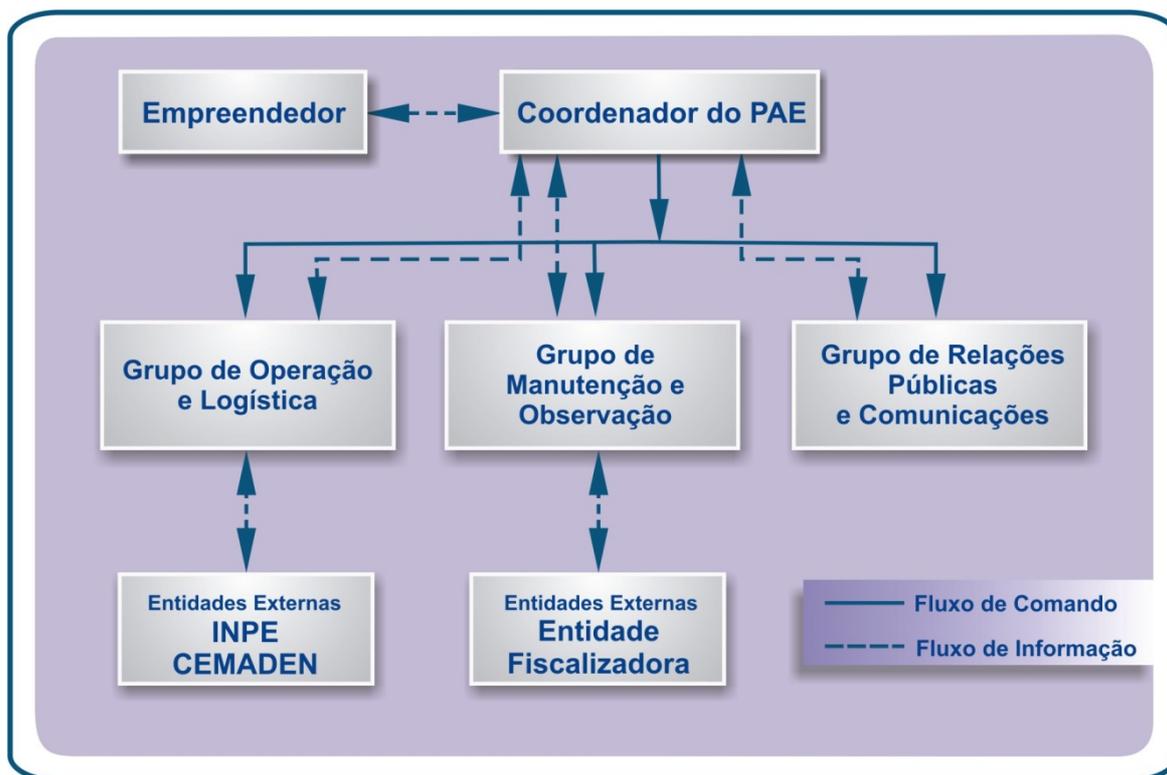


**Figura 3 – Ações a implementar pelo Coordenador do PAE**

### 4.3 RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPA TÉCNICA

#### 4.3.1 Organização

Neste ponto deve ser desenvolvido um fluxograma com a organização do empreendedor na situação de exploração normal do aproveitamento (Figura 4). No caso mais simples os recursos humanos estão concentrados no encarregado da barragem.



**Figura 4 – Fluxograma exemplificativo da organização para exploração da barragem do Empreendedor**

Deve igualmente apresentar-se uma lista dos recursos humanos para gestão de emergências na barragem. Este quadro deve estar afixado de forma visível na Sala de Emergência e deve ser revisto em todas as atualizações previstas para o PAE, ou seja, sempre que haja lugar a alterações dos dados dos intervenientes e ainda na sequência da realização de exercícios de teste ou da ocorrência de situações de emergência, que justifiquem alterações à lista de recursos humanos.

#### **4.3.2 Responsabilidades em barragens com organização simples**

Nestes casos existe usualmente um **encarregado da barragem** que é o responsável local pela barragem designado pelo Empreendedor. Poderá declarar os níveis de resposta verde e amarelo, caso o Coordenador do PAE lhe tenha delegado essa autonomia.

#### **4.3.3 Responsabilidades em barragens com organização complexa**

Nestes casos deve no PAE estar definido o papel dos diversos responsáveis. Tipicamente as responsabilidades poderão envolver as chefias da equipe operacional da barragem, da equipe de manutenção e observação e da equipe de relações públicas.

#### **4.3.4 Responsabilidades de entidades externas**

No PAE deve estar definido o papel do INPE, CEMADEN e INMET. Tipicamente estas responsabilidades relacionam-se com o fornecimento e partilha de informação no domínio da hidrometeorologia, da meteorologia e da sismologia.

#### 4.4 ENTIDADES FISCALIZADORAS

As principais entidades fiscalizadoras que estão usualmente envolvidas no controle de segurança de barragens no Brasil são as seguintes:

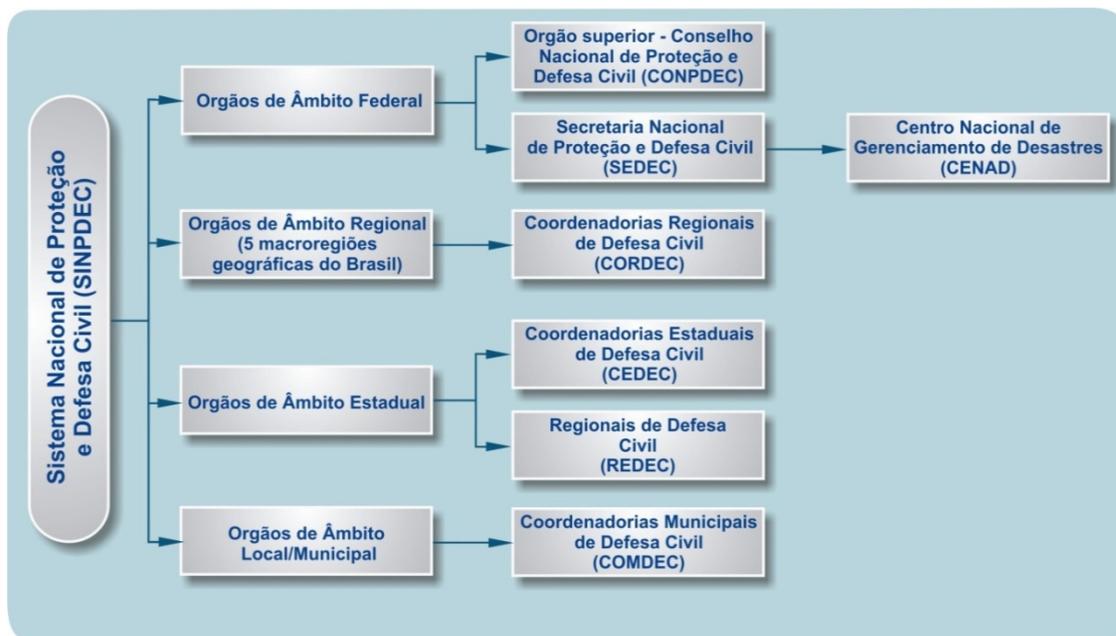
- a Agência Nacional de Águas (ANA) para as barragens destinadas a usos múltiplos, onde a hidroeletricidade não é o principal uso, quando estiverem situadas em rios federais, e os órgãos estaduais gestores de recursos hídricos, quando as barragens estiverem situadas em rios estaduais;
- a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para as barragens em que a hidroeletricidade é o principal uso;
- o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) para as barragens de rejeitos utilizadas na indústria de mineração.

Por outro lado, as barragens de resíduos industriais são reguladas pelo órgão de licenciamento ambiental, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), caso a licença tenha sido emitida pela autoridade ambiental federal, ou pelos órgãos ambientais estaduais, caso a licença tenha sido emitida pela autoridade ambiental estadual, ou ainda, eventualmente, por órgãos ambientais municipais que tenham emitido a licença.

As **Entidades Fiscalizadoras** devem estabelecer a periodicidade, as qualificações mínimas das equipes técnicas responsáveis, o conteúdo mínimo e o grau de detalhamento dos documentos relativos à segurança da barragem. As Entidades fiscalizadoras deverão ainda comunicar situações que envolvam perigo para as populações ao Centro Nacional de Gerenciamento de Desastres (CENAD) e à ANA, conforme Art.16, da Lei nº 12.334.

#### 4.5 SISTEMA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

A gestão do risco no que diz respeito à população que reside nos vales com barragens envolve a participação de um maior número de instituições, nomeadamente a do **Sistema de Proteção e Defesa Civil** (vide Figura 5). Tipicamente as responsabilidades deste sistema relacionam-se com o alerta, a evacuação e a sensibilização e educação das populações no que diz respeito a atuação em emergências.



**Figura 5 – Organização esquemática do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil**

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), que atua na redução de desastres em todo o território nacional, é, no que interessa a emergências em barragens, constituído:

- no âmbito federal, pelo Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Desastres (CENAD);
- no nível estadual, pelas Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC), órgãos ligados aos gabinetes dos Governadores, respondendo regionalmente às Coordenadorias Regionais de Defesa Civil (CORDEC) que comportam diversos órgãos estaduais (por exemplo a polícia militar e os Corpos de bombeiros);
- no âmbito municipal, pelas Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que comportam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo secretarias municipais de saúde, subprefeituras, serviços de águas e esgoto).

## 5 SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E MAPA DE INUNDAÇÃO

### QUAL O PERIGO?

#### 5.1 MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA

##### 5.1.1 Introdução

Para avaliar os danos no vale a jusante é necessário determinar as zonas que vão ficar inundadas pela cheia provocada pela ruptura da barragem, afetando a população, instalações, infraestruturas e ambiente. Trata-se de um estudo que se baseia, essencialmente, na simulação da cheia induzida. Em geral são usados nesta avaliação modelos hidrodinâmicos.

No caso de pequenas barragens, em que as consequências da ruptura são, na maioria dos casos, menores, nem sempre será de exigir o uso das ferramentas mais sofisticadas disponíveis.

Neste ponto do PAE, deve ser identificada a metodologia de modelagem utilizada e as razões do seu uso. A identificação do software utilizado deve também ser expressa.

### **5.1.2 Modelos hidrodinâmicos**

Nos modelos hidrodinâmicos, esta simulação obriga, na prática, à modelagem não só do processo de propagação da cheia ao longo do vale a jusante como ainda do processo de formação da cheia, compreendendo o desenvolvimento da brecha de ruptura e o hidrograma efluente da mesma.

Para efetuar a simulação do processo de formação de brechas podem ser utilizados modelos paramétricos, ou seja, modelos em que é exigido ao modelador a definição da geometria da brecha (a largura e a forma final) e o tempo de ruptura.

Os modelos hidrodinâmicos existentes para efetuar a simulação do processo de propagação da cheia induzida pela ruptura de barragens constituem aplicações particulares dos modelos gerais de propagação de cheias naturais. Pelo fato de serem conceitualmente mais corretos recomenda-se o uso de modelos hidrodinâmicos, de que constituem talvez os exemplos mais conhecidos os modelos DAMBRK (BOSS DAMBRK, 1991) ou o software de domínio público HEC-RAS (USACE, 2002, <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>).

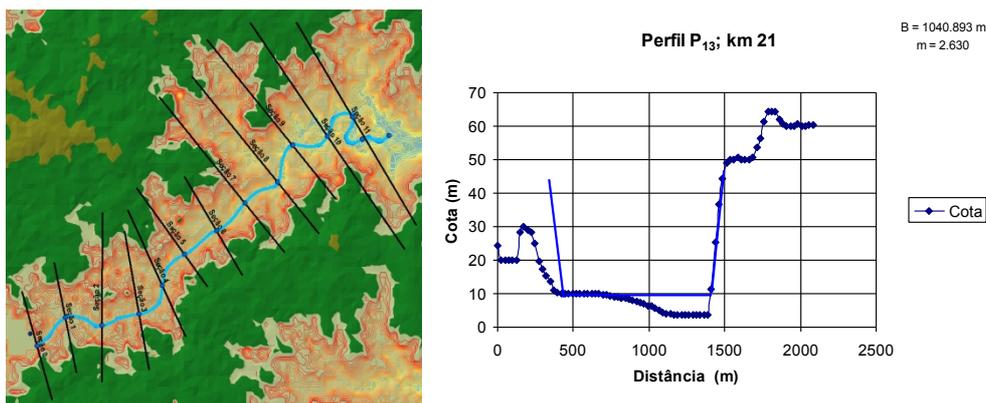
### **5.1.3 Metodologia simplificada para barragens de pequeno porte**

A critério da entidade fiscalizadora, pode ser utilizada uma metodologia simplificada para o estudo de inundação para as barragens classificadas como de dano potencial alto, mas com altura do maciço menor que 15 m (quinze metros) e com capacidade total do reservatório menor que 3.000.000 m<sup>3</sup> (três milhões de metros cúbicos).

As áreas em risco potencial devem ser estimadas com base numa análise conservadora. Sugere-se uma extensão de 20 km como extensão máxima de cálculo. Esta distância deve ser incrementada se ao fim de 20 km existirem junto às linhas de água edificações ou estradas.

A metodologia simplificada deverá conter uma análise hidráulica com o cálculo da vazão máxima na seção da barragem e a jusante, a obtenção da altimetria das seções e o cálculo do nível máximo da onda de cheia em cada uma destas seções.

Note-se que se torna necessário empreender uma caracterização topográfica da linha de água em estudo, tendo por base perfis transversais. Não havendo outra topografia disponível, a informação sobre altimetria pode ser obtida com o modelo digital de elevação obtido a partir da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), relativo à totalidade da América do Sul (altimetria à escala 1:250 000 com resolução planimétrica de 90 m). Por simplificação podem adotar-se geometrias regulares trapezoidais, retangulares ou triangulares equivalentes, em função do melhor ajustamento possível (vide exemplo da Figura 6).



**Figura 6 – Caracterização topográfica do vale a jusante. a) seções transversais do vale e a altimetria do SRTM, b) ajustamento de seções regulares às seções naturais**

A identificação dos pontos vulneráveis a jusante (edificações e infraestruturas) poderá ser baseada em fotografias de satélite disponíveis, nomeadamente por recurso ao software Google Earth (vide exemplo da Figura 7). Independentemente do método utilizado para a geração do mapa de inundação, deve ser conduzida uma inspeção ao vale a jusante para confirmar o número e a localização de residências, as características do rio e a existência de alterações no canal ou na planície de inundação.



**Figura 7 – Exemplo de imagem do Google-Earth para identificação dos elementos em risco no vale a jusante**

## 5.2 CRITÉRIOS E CENÁRIOS DE MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA

### 5.2.1 Brecha de ruptura

Uma brecha é caracterizada por três parâmetros: a sua configuração geométrica, as suas dimensões (nomeadamente a largura) e o tempo de ruptura, fatores que, no seu conjunto, influenciam os valores das vazões, dos níveis e dos tempos de chegada da onda de inundação às diferentes zonas da área de inundação e afetam os intervalos de tempo disponíveis para a implementação do plano de emergência.

Regra geral, afigura-se difícil definir as dimensões da brecha nas barragens de concreto, inclusive porque não existem estudos sistemáticos neste domínio específico. Por outro lado, no

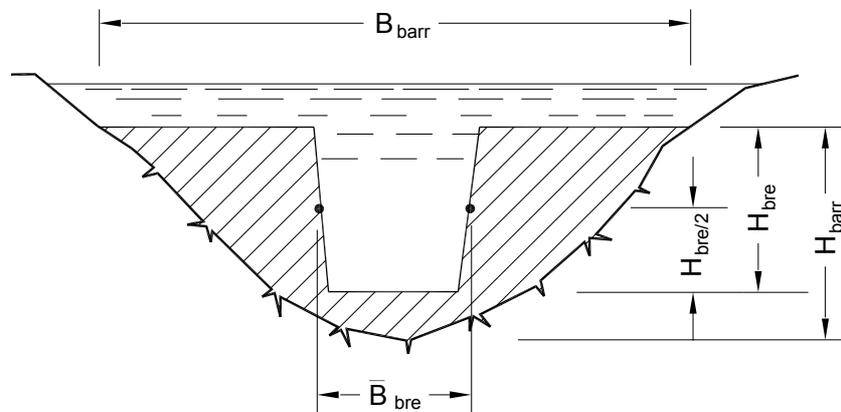
que diz respeito ao tempo de ruptura em barragens de concreto, considera-se, em geral, que a brecha se desenvolve de forma rápida.

Assim, na análise da segurança deste tipo de barragem considera-se prudente, e prática comum, admitir, no caso de se tratar de uma barragem de tipo arco, que a dimensão da brecha é significativa e, em situação extrema, igual à dimensão total da barragem, ou seja, considera-se uma brecha com área igual à área da seção transversal da barragem definida pelo eixo de referência e um tempo de ruptura quase "instantâneo".

No caso de se tratar de uma barragem de concreto de gravidade considera-se que a área da brecha é igual a uma parte apreciável da área da seção transversal da barragem definida pelo eixo de referência (ruptura parcial); de notar que, nesta última situação, dever-se-á considerar a geometria da brecha como retangular. No que se refere ao tempo de ruptura em barragens de concreto de gravidade, o manual do modelo DAMBRK (BOSS DAMBRK, 1991) especifica que se deverá considerar um tempo de ruptura variando de 6 a 30 minutos.

Ao contrário das barragens de concreto, as barragens de aterro têm sido objeto de múltiplos trabalhos técnico-científicos incidindo na problemática da caracterização da brecha de ruptura que correspondem a rupturas parciais e lentas. No que diz respeito à largura da brecha em barragens de aterro, analisando as expressões que constam da bibliografia podem-se considerar como válidos os seguintes critérios (vide esquema que consta da Figura 8):

- a forma das brechas é usualmente trapezoidal, sendo  $\bar{B}_{bre}$  a largura média da brecha;
- a altura da brecha,  $H_{bre}$ , pode considerar-se em geral como aproximadamente igual à altura da barragem.



**Figura 8 – Esquema da seção típica da brecha em barragens de aterro**

Sugerem-se os valores característicos para a brecha de ruptura que constam do Quadro 5.

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

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

## 5.2.2 Cenários a simular

### 5.2.2.1 Introdução

Deve-se optar por construir o menor número possível de cenários. Assim, para garantir uma adequada segurança associada aos diferentes tipos de barragem devem no PAE ser definidos dois tipos de cenários:

- o cenário de acidente, que sem conduzir à ruptura pode dar origem a descargas importantes e, de igual forma, colocar em risco pessoas e bens no vale a jusante;
- e o cenário de ruptura propriamente dita.

Um cenário típico de acidente é o cenário de operação extrema, que, no caso de uma barragem com vertedouro de cheias dotado de comportas, pode resultar da abertura rápida e simultânea de todas as comportas.

No caso de uma barragem com vertedouro de cheias sem comportas, o cenário de acidente a considerar pode corresponder ao evento da cheia de projeto.

O cenário de acidente permite definir as zonas a jusante que, em consequência do funcionamento do vertedouro, se encontram em situação de risco. Esta simulação pode também ser fundamental para quantificar com mais rigor os danos após a ocorrência de um acidente na barragem. Com efeito, de acordo com o critério de quantificação de danos baseado numa análise incremental, de entre a totalidade dos danos provocados pela ruptura de uma barragem, não lhe deverão ser imputados os que decorreriam igualmente na sequência da cheia de projeto, ou seja, à totalidade dos danos registrados nas áreas inundadas por causa da ruptura da barragem, dever-se-á subtrair aqueles que ocorreriam nas áreas inundadas pela cheia no rio “sem a existência da barragem”.

O cenário de ruptura, deve, por seu lado, ser sujeito a uma classificação mais rigorosa que contemple igualmente:

- o cenário de ruptura mais provável;

- o cenário de ruptura mais desfavorável ou extremo.

O cenário de ruptura mais provável deve ser determinado em função das características da barragem e das causas de ruptura, elas próprias podendo ser previstas a partir do tipo de barragem, do seu estado de conservação (nomeadamente o tipo de deterioração que eventualmente apresenta) e modo de operação.

Em caso de dúvidas quanto à concepção do cenário de ruptura mais provável dever-se-á adotar uma atitude prudente e, como referência limite, poder-se-á, em alternativa, recorrer a um outro cenário de acidente, mais pessimista (eventualmente associado a uma causa com reduzida probabilidade de ocorrência), correspondendo a um cenário de ruptura mais desfavorável ou extremo (por exemplo, uma ruptura total e bastante rápida da barragem). Desta forma, pretende-se simular as piores condições ainda possíveis de ocorrência de cheia a jusante, de forma a obter uma envolvente máxima para as respectivas áreas de risco. Faz-se notar que, por razões diversas (nomeadamente devido a imprecisões nos resultados dos modelos de simulação), as autoridades de Defesa Civil responsáveis poderão adotar como critério base o da elaboração de planos de emergência mais conservadores e prudentes<sup>1</sup>, norteados por uma necessidade de segurança mais abrangente.

### **5.2.2.2 Cenário de ruptura mais provável**

No que diz respeito a este tipo de cenário, os critérios deverão ser estabelecidos em função da causa mais provável de ruptura. Assim poder-se-á admitir:

- uma ruptura por mecanismos estrutural ou por percolação (devido por exemplo à ocorrência de erosão interna da barragem) que origina o denominado cenário de ruptura em dia de sol (sem influência da precipitação);
- ou uma ruptura por mecanismo hidráulico que origina o denominado cenário de ruptura por galgamento.

Para uma brecha correspondente a um cenário de ruptura em dia de sol, o nível no reservatório no instante inicial deve corresponder ao nível máximo normal.

Por outro lado, se se considerar um cenário de ruptura por galgamento, o nível no reservatório no instante inicial da simulação deve corresponder pelo menos ao nível máximo maximorum. Porém, podem ocorrer situações em que, para que seja possível a ocorrência do galgamento da barragem, partindo deste último nível no reservatório, seja necessário considerar a afluência de uma cheia com pouco sentido físico. Para ultrapassar este problema, poder-se-á considerar, como hipótese mais viável, que o nível inicial do reservatório se situe à cota da crista.

Para atribuição dos valores das vazões afluentes ao reservatório no instante inicial da ruptura, dever-se-á adotar a prática comum, orientada por questões de segurança, de considerar a contribuição de um hidrograma de vazão afluente. Assim, poder-se-á optar:

- pela vazão média anual (ou a vazão média do semestre seco ou do semestre úmido), ou por uma cheia associada a um menor tempo de recorrência ( $T= 100$  anos, por exemplo) num cenário de ruptura em dia de sol;

---

<sup>1</sup> Os resultados a favor da segurança devem tender a diminuir os tempos de chegada da onda de inundação e a aumentar os níveis de água.

- por uma cheia conhecida (por exemplo, a cheia de projeto ou uma cheia associada a um tempo de recorrência elevado:  $T= 1\ 000$  a  $5\ 000$  anos), num cenário de ruptura por galgamento.

### 5.2.2.3 Cenário de ruptura extremo

No que diz respeito a este tipo de cenário extremo (que pressupõe a ocorrência de rupturas rápidas e totais) o propósito a seguir para a sua simulação deverá ser o de agravar não só os valores de todos os parâmetros da brecha, de forma a calcular a “pior” cheia induzida possível, mas também o de maximizar as afluições ao reservatório, fazendo com que esta registre os níveis mais elevados, por ocasião do início da hipotética ruptura. O tempo de ruptura deve ser igualmente selecionado como baixo para produzir um efeito de maximizar o escoamento efluente da brecha.

De fato, a experiência tem comprovado que as barragens (mesmo as de aterro) suportam o galgamento durante algum tempo antes de romperem<sup>2</sup>. Porém, surge um momento em que a sua estabilidade começa a ser posta em prova; para as barragens de concreto esse nível é superior ao nível do coroamento; para barragens de aterro esse nível poderá corresponder exatamente ao do coroamento. Assim, no que diz respeito ao nível no reservatório a considerar no início da ruptura, poder-se-ão adotar os valores propostos por HARTFORD e KARTHA, 1995 (independentemente do tipo de barragem):

- a brecha começa quando o nível de água está 0,15m abaixo da crista, num cenário de ruptura em dia de sol;
- a brecha começa quando o nível de água está 0,15m acima da crista, num cenário de ruptura por galgamento.

No que diz respeito à atribuição dos valores das vazões afluentes ao reservatório, quando do instante inicial da ruptura, dever-se-á adotar a contribuição de hidrogramas de vazão afluente mais gravosos do que os considerados para o cenário de ruptura mais provável. Assim, poder-se-á optar:

- por uma cheia conhecida (por exemplo, a cheia de verificação do vertedouro de cheias, que pode ser a CMP, ou por uma cheia associada a um período de retorno muito elevado:  $T= 5\ 000$  a  $10\ 000$  anos), num cenário de ruptura por galgamento;
- por uma cheia associada a um menor período de retorno ( $T= 100$  a  $500$  anos, por exemplo) num cenário de ruptura em dia de sol.

### 5.2.3 Extensão do cálculo

As três variáveis mencionadas anteriormente: características da brecha, níveis iniciais no reservatório e respectivas afluições são necessárias para avaliar o processo de formação da cheia. Outro fator a considerar, quando se pretende simular a propagação da cheia induzida ao longo de um vale, é a identificação dos limites do cálculo. Tradicionalmente, o domínio de estudo deverá incidir entre a seção de início do reservatório da barragem em ruptura, a montante, e uma determinada seção a jusante.

---

<sup>2</sup> Como o comprovam as rupturas das barragens de South Fork River, nos EUA e de Euclides da Cunha, no Brasil.

Os critérios mais adequados para a fixação da fronteira de jusante são os que se baseiam nas fronteiras físicas, ou seja, a foz do rio no oceano, a seção de confluência com outro rio de maior dimensão ou um reservatório a jusante. Estas fronteiras são aliás facilmente modeladas em modelo numérico.

Para se determinar a fronteira a jusante poder-se-á igualmente adotar uma seção a partir da qual se estabelece um grau de risco que se considera como aceitável; neste caso, dever-se-á considerar uma seção onde as alturas de água atinjam a ordem de grandeza das correspondentes a determinadas cheias características (cheia de projeto do vertedouro, maior cheia natural conhecida, cheia natural com determinado tempo de recorrência, por exemplo, 100 anos).

Diversos outros textos normativos definem porém de forma clara e explícita qual o critério de fixação da fronteira de jusante, por exemplo, a legislação finlandesa especifica que o cálculo da onda de inundação se deve processar até 50 km a jusante da barragem; por seu lado, a legislação de alguns estados canadenses postula que as populações que se encontram a mais de três horas da zona atingida pela onda de inundação não devem ser consideradas em risco, pelo que o cálculo da onda de inundação não deve cobrir uma seção atingida pela cheia para lá desse intervalo de tempo.

GRAHAM, 1998 sugere que é muito importante que os estudos do cálculo da onda de inundação incidam nos primeiros 30 km a jusante da barragem em causa. Com efeito, este autor mostra que a vulnerabilidade das pessoas em risco diminui muito a partir desta distância, nomeadamente pelas seguintes razões: primeiro, porque as áreas mais a jusante recebem mais e melhores alertas de emergência do que as a montante; segundo, porque a energia da onda de inundação, tal como a velocidade de propagação da respectiva frente, se torna menor. Na verdade, a informação de rupturas históricas de barragens confirma estes fatos, indicando que uma grande percentagem das vítimas mortais ocorre nos primeiros 25 km, sendo que esta distância é ainda menor para as pequenas barragens. A experiência norte-americana (com base num registo de 23 rupturas de barragens que ocorreram no período de 1960 a 1997 e ocasionaram vítimas mortais) corrobora igualmente estes fatos ao assinalar que cerca de 50% ocorreram a menos de 4,8 km da seção da barragem acidentada e 99% nos primeiros 24 km a jusante da mesma, num universo total de 318 vítimas mortais.

### **5.3 VALE A JUSANTE E IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS VULNERÁVEIS**

#### **QUAIS AS VULNERABILIDADES?**

##### **5.3.1 Caracterização do vale a jusante**

Neste capítulo deve ser feita uma caracterização geral do vale a jusante da barragem e a descrição e localização das populações e infraestruturas em risco, de modo a permitir ao sistema de defesa civil a sua informação detalhada, de acordo com as necessidades e o dano potencial envolvido.

Dever-se-á considerar:

- a caracterização do tipo de povoamento existente (rural, urbano, misto ou disperso);
- o número de habitantes residentes, incluindo os ocupantes temporários, passíveis de serem afetados por uma eventual onda de inundação;

- o tipo de ocupação social (primária, secundária ou terciária);
- as infraestruturas importantes (rodoviárias, ferroviárias, instalações de produção ou de armazenagem de substâncias perigosas, etc.);
- as áreas naturais com estatuto de proteção especial;
- o património com interesse histórico.

### 5.3.2 Mapa de inundação

ICOLD, 1998 faz notar que as cartas topográficas com escalas variando entre 1:20 000 e 1:50 000 se revelaram satisfatórias na maioria dos países onde são utilizadas. Para as zonas urbanas existem frequentemente cartas topográficas mais detalhadas (com escalas variando entre 1:10 000 e 1:2 000). Também existem países que adotam, como escala de trabalho normalizada, escalas menores que a 1:25 000; por exemplo, no Canadá (país onde abundam vastas zonas quase desérticas) é a escala 1:50 000 que é considerada como apropriada. Segundo OOSTHUIZEN, 2000, na África do Sul (quando não estão disponíveis ortofotomapas à escala 1:10 000) é também a escala 1:50 000 que é utilizada.

A delimitação das áreas de inundação deve ser feita preferencialmente sobre cartografia 1:25 000, podendo ser complementada com maior pormenor para zonas urbanas ou industriais.

Devem ser traçados perfis para diferentes seções transversais do rio, com um intervalo adequado, preferencialmente em seções que coincidam com elementos em risco. Assim recomenda-se que os resultados do cálculo do mapa de inundação sejam fornecidos com intervalos de pelo menos 1 km (durante os primeiros cinco quilômetros a jusante da barragem), prosseguindo depois com uma cadência de intervalos maiores, garantindo sempre informação mais detalhada nas zonas singulares (outras estruturas hidráulicas, por exemplo). Nestes perfis deve constar a seguinte informação (ANPC, 2009):

- o instante de chegada da frente da onda de inundação (em formato 00H00M);
- o instante de chegada do pico da onda de inundação (em formato 00H00M);
- o nível máximo da cheia atingido (altura e cota);
- a duração da cheia (em formato 00H00M);
- a velocidade máxima da onda de inundação (m/s);
- a altura máxima da onda de inundação (m);
- a vazão máxima atingida (m<sup>3</sup>/s);
- o hidrograma com a representação gráfica do comportamento hidrodinâmico (vazão e altura da água) da onda de inundação em função do tempo.

O mapa de inundação deve conter a seguinte informação:

- identificação do cenário que lhes corresponde;
- limites das zonas inundáveis;
- limites administrativos das áreas atingidas (estado, município, localidade );
- vias de comunicação inundadas e identificação das obras de arte atingidas;
- infraestruturas e instalações importantes ou existência de instalações de produção ou de armazenagem de substâncias perigosas.

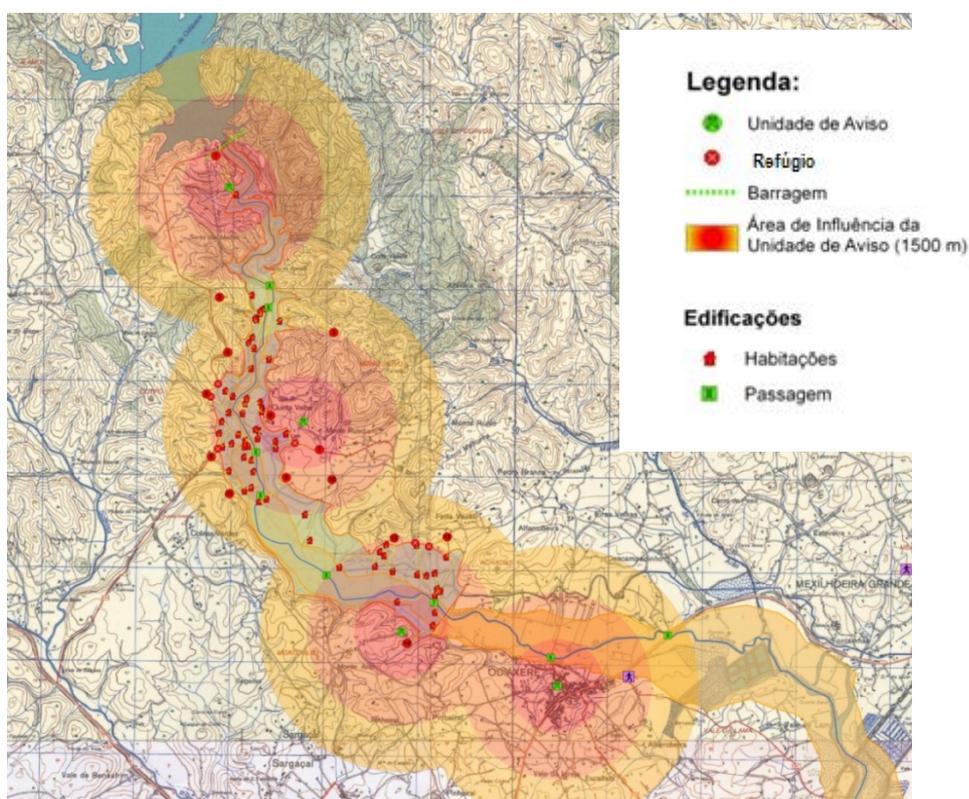
### 5.3.3 Caracterização da Zona de Autossalvamento

O mapeamento das zonas inundáveis e o conhecimento da altura e velocidade de propagação da onda em cada trecho e do seu tempo de chegada permite efetuar um zoneamento do risco por diferentes graus de gravidade, uma vez que as zonas suscetíveis de serem inundadas sofrem os impactos da cheia induzida de forma distinta. Assim, o mapa deve conter a delimitação da zona de autossalvamento (ZAS): região a jusante da barragem que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente, podendo-se adotar a menor das seguintes distâncias: 10 km ou a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos.

Na ZAS, deve ser apresentada a seguinte informação:

- povoações afetadas e estimativa do nº de pessoas atingidas;
- levantamento das infraestruturas afetadas (vias de comunicação, infra-estruturas e instalações importantes ou existência de instalações de produção ou de armazenagem de substâncias perigosas);
- infraestruturas coletivas afetadas;
- estruturas do Sistema de Defesa Civil afetadas (forças de segurança, corpos de bombeiros, unidades militares, unidades de saúde, serviços municipais de defesa civil, etc.);
- localização dos refúgios.

Deve apresentar-se um mapa da ZAS (Figura 9) e uma lista com as coordenadas de localização das estruturas e pontos vulneráveis na ZAS, nomeadamente das infraestruturas e das edificações (vide exemplos no Anexo 4).



**Figura 9 – Exemplo de mapa da Zona de Autossalvamento**

**ANEXO 1**  
**PLANO DE TREINAMENTO DO PAE**

---

## **ANEXO 1 - PLANO DE TREINAMENTO DO PAE**

### **1 INTRODUÇÃO**

A avaliação da credibilidade dos planos de emergência, na ausência de situações reais de crise, é conseguida através de um sistema de avaliação, constituído por ordem ascendente de complexidade: i) teste dos sistemas de notificação e de alerta; ii) exercício de nível interno (“*tabletop exercise*”) e iii) exercício de simulação.

Face à tipologia dos exercícios sugeridos, deve o PAE prever a seguinte periodicidade:

- Anual: teste dos Sistemas de Notificação e Alerta
- 2 em 2 anos: exercício de nível interno

### **2 TESTE DOS SISTEMAS DE NOTIFICAÇÃO E ALERTA**

O objetivo do teste dos sistemas de notificação e alerta é essencialmente confirmar os números de telefone e verificar a operacionalidade dos meios de comunicação bem como a funcionalidade do fluxograma de notificação.

Deverá haver a participação dos recursos humanos da barragem e do Empreendedor.

O teste deve reger-se pelos seguintes objetivos específicos:

- testar o sistema de notificação e em particular:
  - o Testar os nºs de telefone
  - o determinar a capacidade de estabelecer e manter as comunicações durante a emergência
  - o verificar a capacidade do Coordenador do PAE de mobilizar e ativar a equipe operacional e os meios de resposta à emergência
- testar o sistema de alerta
  - o testar a operacionalidade dos meios de alerta e verificar a capacidade de notificar rapidamente a população na ZAS

### **3 EXERCÍCIO DE NÍVEL INTERNO**

O objetivo de um exercício de nível interno é testar o sistema de resposta no nível da barragem e avaliar a eficácia dos procedimentos de resposta definidos no PAE. Este exercício serve para verificação e correção da capacidade operacional de resposta e coordenação de ações de acordo com o estabelecido nos planos, nomeadamente, as comunicações e a identificação de competências e de capacidade de mobilização.

Deverá haver a participação do pessoal e Empreendedor, da Entidade Fiscalizadora bem como de representantes da população residente na ZAS.

O exercício deve reger-se pelos seguintes objetivos específicos:

- testar a resposta a nível interno
  - o avaliar o nível de conhecimento da equipe operacional relativamente ao PAE
  - o testar a operacionalidade dos órgãos extravasores da barragem
  - o determinar a eficácia dos procedimentos internos e nomeadamente das medidas operativas e corretivas que constam do PAE
  - o avaliar a adequação das instalações, equipamento e outros materiais para suportar o cenário de emergência em exercício (ou seja da emergência)
  - o determinar o nível de cooperação e coordenação entre o Empreendedor e a Entidade Fiscalizadora na resposta à emergência
  - o determinar a capacidade para estabelecer e manter as comunicações durante a emergência
- testar o sistema de alerta
  - o testar a eficácia do sistema de informação ao público e de disseminação de mensagens, nomeadamente:
  - o em providenciar informação oficial e instruções à população da ZAS para facilitar uma resposta tempestiva e apropriada durante uma emergência

Este tipo de exercício deve ser realizado na Sala de Emergência da barragem e equivale ao que é usualmente designado na terminologia inglesa como um *tabletop exercise*.

Estes exercícios têm o propósito de proporcionar a análise de uma situação de emergência num ambiente informal. Os moderadores que coordenam o exercício têm como missão liderar a discussão, ajudando os participantes a não saírem do objetivo do exercício.

Tipicamente o exercício começa com a descrição do evento a simular e prossegue com debates pelos participantes para avaliar o PAE e os procedimentos de resposta e para resolver as preocupações relativas à coordenação e responsabilidades.

Neste nível não há utilização de equipamentos ou instalação de recursos, portanto todas as atividades são simuladas e os participantes interagem através do diálogo. A narrativa estabelece o cenário para a simulação do evento. Ela descreve brevemente o que aconteceu e o que é conhecido até ao momento do exercício. Este exercício deve proporcionar aos participantes a recepção de mensagens como um estímulo para a possibilidade de respostas dinâmicas.

A vantagem deste tipo de exercício traduz-se no investimento que não é significativo em termos de tempo, custo e recursos. Ele oferece um método eficaz de revisão dos planos, procedimentos de execução e políticas e serve como um instrumento de formação para o pessoal chave com responsabilidades numa eventual emergência. Um exercício deste tipo serve também para familiarizar os técnicos do Empreendedor com outros técnicos e agentes de defesa civil.

#### **4 EXERCÍCIO DE SIMULAÇÃO**

Este tipo de exercício simula um evento real tão realisticamente quanto possível, tendo o objetivo de avaliar a capacidade operacional de um sistema de gestão da emergência num ambiente de tensão elevada que simula as condições reais de resposta.

Deverá haver a participação de todas as entidades listadas no plano de emergência (pessoal e meios referentes ao Empreendedor, Entidade Fiscalizadora, Agentes de Defesa Civil e da população e seus representantes).

Para auxiliar ao realismo, este tipo de exercício requer a mobilização efetiva de meios e recursos através de:

- ações e decisões no terreno;
- evacuação de pessoas e bens;
- emprego de meios de comunicação;
- mobilização de Equipamento;
- colocação real de pessoal e recursos.

Nota-se que este exercício deve ser da responsabilidade dos serviços de defesa civil, sendo esperado que neste nível haja efetiva colaboração de meios e recursos do Empreendedor e da Entidade Fiscalizadora.

A realização de um exercício de simulação completa o programa de exercícios e expande o alcance e a visibilidade do mesmo. Como resultado, um exercício de campo produtivo pode resultar na melhoria substancial da atenção do público e da credibilidade.

De notar, que a presença dos meios de comunicação social pode ser vantajosa na realização de um exercício de simulação, pelo que se recomenda a sua inclusão num programa de exercícios. Estes podem ser extremamente úteis de várias formas, nomeadamente aumentando o realismo, se estiverem presentes. Na conclusão do exercício, a crítica e relatório de avaliação são importantes para que as necessárias medidas de acompanhamento possam ser tomadas.

## **5 AÇÕES DE SENSIBILIZAÇÃO DA POPULAÇÃO**

A preparação da população é uma ação de mitigação de risco, sendo concretizada através de dois tipos de ações que são, no essencial:

- sensibilização da população, promovendo sessões de esclarecimento e divulgando informação relativa ao risco de habitar em vales a jusante de barragens e à existência de planos de emergência (sob a forma de folhetos, cartazes, brochuras);
- educação e treino da população, para fazer face à eventualidade de uma cheia induzida, promovendo programas de informação pública em sentido estrito, relativos ao zoneamento de risco, à codificação dos significados das mensagens e às regras de evacuação das populações; estes programas devem envolver a realização de exercícios controlados (Figura 10).



**Figura 10 – Exemplo de recomendações para atuação da população durante emergências**

Na preparação das ações de sensibilização e de educação e treino da população há que se atentar para o nível cultural e educacional dos indivíduos em risco. Por exemplo, no caso de estes terem um nível de escolaridade muito baixo, deve-se limitar o uso da comunicação escrita, investindo-se no suporte visual e audio-visual e no contato direto com a população. Os cidadãos que residem na área de risco devem ser esclarecidos sobre algumas práticas de mitigação do risco que podem ser implementadas, de forma simples, nomeadamente as seguintes:

- ser pré-informado sobre a entidade que lhe transmite a notícia da eminência de emergência bem como a ordem de estado de prontidão;
- conhecer o significado dos diversos alertas; no caso de sirenes fixas deve ser divulgado, por exemplo, o significado do sinal de alerta para ficar em estado de prontidão (preparar-se para uma eventual evacuação - “get ready”) e de alerta para proceder à evacuação (“go!”).
- conhecer o plano de evacuação e nomeadamente:
  - o deve estar informado sobre a entidade que lhe transmite a notícia da iminência de emergência bem como a ordem de evacuação;
  - o deve conhecer os limites do perímetro de inundação;
  - o deve conhecer o local de refúgio (e certificar-se que todos os elementos próximos também o conhecem), no caso de habitar na ZAS, onde se preconiza o autossalvamento;
  - o deve conhecer os acessos ao local de refúgio (Figura 11).
- deve ser pré-esclarecido no sentido de agir de acordo com as informações sobre o evoluir da situação, nomeadamente sobre o momento em que é permitido aos desalojados regressar às áreas afetadas após o período crítico do desastre e sobre o modo de implementar as necessárias medidas para a recuperação.



**Figura 11 – Acesso a refúgios. Identificação de zonas críticas**

Tais informações são preciosas principalmente para os indivíduos residentes na ZAS, dos quais, em situação de emergência e dada a escassez de tempo que a situação pode conferir, se exigem grandes níveis de autonomia (nomeadamente através do autossalvamento).

**ANEXO 2**  
**MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS**

---

## ANEXO 2 - MEIOS E RECURSOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Nos Quadros 6 e 7 apresentam-se exemplos de inventários possíveis para os recursos materiais mobilizáveis e renováveis necessários para efetuar a gestão de emergências numa barragem, nomeadamente para fazer face a reparações e intervenções expeditas.

**Quadro 6 – Lista dos recursos renováveis para gestão de emergências na barragem (exemplo).**

<b>Materiais / Equipamento</b>	<b>Local de depósito</b>
Sacos, areia, gravilha, enrocamento	Parque de materiais da barragem e em local exterior a definir
Material de escoramento e entivação, Membranas PVC	Idem
Diversas ferramentas e material para trabalhos de manutenção	Armazém da barragem
Combustíveis e lubrificantes	Parque de materiais da barragem e em local exterior a definir
Malas de assistência médica	Sala de emergência

**Quadro 7 – Lista dos recursos mobilizáveis para gestão de emergências na barragem (exemplo).**

	<b>Bens / Equipamento</b>	<b>Características (capacidade, tonelagem)</b>	<b>Local de estacionamento e / ou depósito</b>	<b>número</b>
Equipamento	Giratória	220 hp	Local exterior à barragem a definir	
	Pá carregadeira	235 hp	Idem	
	Buldozer	185 hp	Idem	
	Grua móvel	50 t	Idem	
	Dumper	240 hp/25 t	Idem	
	Caminhão basculante	14 m <sup>3</sup>	Idem	
	Caminhão cisterna	20 m <sup>3</sup>	Idem	
Meios de transporte	Barco		Barragem	
	Viatura todo o terreno		Barragem	
Equipamento de segurança	Gerador Diesel	200 kVA	Barragem	
	Bombas submersíveis	40 l/s	Barragem	
	Meios de comunicação portáteis		Sala de emergência	
	Projetores, lâmpadas		Sala de emergência	



## ANEXO 3 – FORMULÁRIOS-TIPO

### 1 FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA

#### DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA URGENTE

**SITUAÇÃO:** \_\_\_\_\_

Empreendedor: \_\_\_\_\_

**BARRAGEM:** -

\_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_ (nome e cargo)

\_\_\_\_\_, na condição de Coordenador do  
**PAE da Barragem** \_\_\_\_\_ e no uso das atribuições

e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **Declaração de  
Emergência**, na **Situação** de

\_\_\_\_\_, para a **Barragem**

\_\_\_\_\_ a partir das horas e minutos do dia \_\_\_\_ /

\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_, em função da ocorrência

de: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_ (local) \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(nome e assinatura)

\_\_\_\_\_  
(cargo e RG)

**FIM DE MENSAGEM**

## 2 FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA

### DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA URGENTE

**SITUAÇÃO:** \_\_\_\_\_

Empreendedor: \_\_\_\_\_

**BARRAGEM:** -

\_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_ (nome e cargo) \_\_\_\_\_, na condição de Coordenador do PAE da Barragem \_\_\_\_\_ e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **Declaração de Encerramento da Emergência**, na Situação de \_\_\_\_\_, para a Barragem \_\_\_\_\_ a partir das horas e minutos do dia \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_, em função da recuperação das condições adequadas de Segurança da Barragem e eliminação do Risco de Ruptura

OBS:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_ (local) \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(nome e assinatura)

\_\_\_\_\_  
(cargo e RG)

**FIM DE MENSAGEM**

### 3 FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

#### MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do *Plano de Ação de Emergência - PAE* da **Barragem** \_\_\_\_\_ em \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_.

Município: \_\_\_\_\_ Rio: \_\_\_\_\_ Bacia Hidrográfica \_\_\_\_\_

A partir das \_\_\_: \_\_\_ h de \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_, está sendo ativado o **nível de resposta:**

Verde       Amarelo       Laranja       Vermelho

**1. Esta mensagem** está sendo enviada simultaneamente:

Empreendedor: \_\_\_\_\_

Entidade Fiscalizadora: \_\_\_\_\_

CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de \_\_\_\_\_

COMDEC – Comissão Municipal de defesa Civil de \_\_\_\_\_

Barragens a montante: \_\_\_\_\_

Barragem a jusante: \_\_\_\_\_

#### **2. Descrição da situação (causas, evolução)**

A causa da Declaração é (descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc.)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **3. Medidas adotadas:**

As circunstâncias ocorridas fazem com que devam se precaver e pôr em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do *Plano de Ação de Emergência - PAE* da **Barragem** de \_\_\_\_\_ e os respectivos Mapas de Inundação.

Esta é uma mensagem de (Declaração/Alteração) do Nível de Segurança, feita por \_\_\_\_\_, Coordenador do **PAE** da **Barragem** \_\_\_\_\_.

Favor confirmar o recebimento desta comunicação ao Sr. \_\_\_\_\_ pelo telefone número \_\_\_\_\_, e fax número \_\_\_\_\_ e/ou e-mail \_\_\_\_\_@\_\_\_\_\_.

Nós os manteremos atualizados da situação em caso de mudança do Nível de Segurança, caso ela se resolva ou se torne pior. Nova Comunicação será emitida, dentro de \_\_\_\_\_ horas ou de hora em hora, para sua atualização.

Para outras informações, entre em contato com o Sr. \_\_\_\_\_ pelo telefone número \_\_\_\_\_, e fax número \_\_\_\_\_ e/ou e-mail \_\_\_\_\_@\_\_\_\_\_.

**Fim da Mensagem**

**ANEXO 4**  
**COORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS**  
**VULNERÁVEIS NA ZAS**

---

## ANEXO 4 – COORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS VULNERÁVEIS NA ZAS

Nos Quadros 8 e 9 apresentam-se exemplos da informação que deve constar nos quadros para identificação das estruturas e pontos vulneráveis na ZAS, nomeadamente das infraestruturas e das edificações.

**Quadro 8 – Pontes e vias localizadas na ZAS**

Denominação	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância à Barragem (km)	Cota do tabuleiro/rasante
Ponte				
Estrada Nacional				
Caminho Municipal				

**Quadro 9 – Pontos vulneráveis na ZAS (Edificações)**

Código	Coordenada Geográfica Latitude	Coordenada Geográfica Longitude	Distância barragem (km)	Identificação do residente	Nº Hab.	Município	Morada	Contato

**ANEXO 5**  
**TABELAS EXEMPLIFICATIVAS**

---

## ANEXO 5 - TABELAS EXEMPLIFICATIVAS

### 1 DETECÇÃO E AVALIAÇÃO

A classificação do nível de resposta é feita na sequência da realização de inspeções de segurança às diferentes componentes da obra (que permite a detecção de “sinais” – indicadores qualitativos ou evidências – de eventuais anomalias de comportamento que possam vir a colocar em causa as condições de segurança das populações a jusante) e/ou através da análise dos resultados da exploração da instrumentação (baseando-se na definição de bandas de variação para grandezas observadas consideradas representativas do estado da obra – indicadores quantitativos).

Nas Tabelas 1 a 4 dão-se algumas indicações sobre os indicadores quantitativos e qualitativos a utilizar e a sua graduação para cada nível de resposta.

**Tabela 1 – Definição do nível de resposta em função do tipo de ocorrência excepcional ou de circunstância anômala (1/2)**

Ocorrência excepcional ou circunstância anômala	Cenários possíveis	Nível de resposta
Cheias	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aumento excessivo do nível de água no reservatório</li> <li>➤ Galgamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deve ser estabelecido com base em indicadores quantitativos: níveis no reservatório e escoamento afluente (vide Tabela 4)</li> </ul>
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ruptura da barragem</li> <li>➤ Inoperacionalidade dos órgãos extravasores da barragem</li> <li>➤ Perda de borda livre</li> <li>➤ Deslizamento nos taludes da barragem</li> <li>➤ Deslizamento de encostas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deve ser estabelecido com base em indicadores quantitativos: acelerações (vide Tabela 4)</li> </ul>
Ruptura de barragem a montante	➤ Sem galgamento da estrutura em análise	➤ Verde/Amarelo
	➤ Galgamento da estrutura em análise	➤ Laranja/Vermelho
Falha de órgãos extravasores ou de equipamento de operação	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório</li> <li>➤ Redução da capacidade de vazão</li> <li>➤ Galgamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verde (fora da época de cheias)</li> <li>➤ Amarelo/Laranja (durante época de cheias ou bacias sujeitas a cheias repentinas)</li> <li>➤ Vermelho (no caso de ocasionar galgamento da estrutura em análise)</li> </ul>
Falha dos sistemas de notificação e alerta	➤ Impossibilidade de notificação	➤ Verde/Amarelo (fora da época de cheias)
	➤ Impossibilidade de alerta	➤ Amarelo/Laranja (na época de cheias)

**Tabela 1 (cont.) – Definição do nível de resposta em função do tipo de ocorrência excepcional ou de circunstância anômala (2/2)**

Ocorrência excepcional ou circunstância anômala	Cenários possíveis	Nível de resposta
Falha da instrumentação	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Falta de dados de observação</li> <li>➤ Dificuldade em avaliar a situação da barragem</li> </ul>	➤ Verde/Amarelo
Anomalias relacionadas com o comportamento estrutural	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fendilhação, infiltrações no corpo da barragem e fundação e movimentos diferenciais</li> <li>➤ Fenômenos de deterioração no concreto</li> <li>➤ Instabilidade estrutural, risco de ruptura</li> <li>➤ Conjunto de grandezas que se traduzem em efeitos (variação de deslocamentos horizontais e verticais, movimentos de juntas, vazões e sub-pressões)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verde/amarelo/laranja</li> <li>➤ Indicadores qualitativos (ver exemplos Tabela 2 e 3)</li> <li>➤ Indicadores quantitativos (vide Tabela 4)</li> </ul>
Deslizamentos de encostas	➤ Obstrução dos órgãos extravasores	➤ Amarelo
	➤ Geração de ondas anormais a montante (sem galgamento)	➤ Verde/Amarelo
	➤ Galgamento	➤ Laranja/Vermelho
Ação criminosa: Sabotagem Ameaça de bomba Ato de guerra	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório</li> <li>➤ Perda de borda livre e consequente galgamento</li> <li>➤ Instalização de taludes</li> <li>➤ Perigo de instabilidade ou ruptura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Amarelo</li> <li>➤ Laranja</li> <li>➤ Vermelho</li> </ul>
Derrames de substâncias perigosas ou descarga de materiais poluentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Afetação da qualidade da água</li> <li>➤ Poluição do ar ou do solo</li> </ul>	➤ Verde
Impactos negativos para o ecossistema	➤ Afetação da qualidade da água	➤ Verde
Incêndios florestais	➤ Possibilidade de afetar a funcionalidade da barragem	➤ Verde
	➤ Possibilidade de afetar a segurança da barragem	➤ Amarelo
Fatores de risco na casa de força, sala de emergência e pontos nevrálgicos Acidentes pessoais, incêndios, inundações e vandalismo	➤ Danos pessoais	➤ Verde
	➤ Danos materiais	➤ Verde (pode afetar a funcionalidade)
	➤ Eventual impossibilidade de operar à distância órgãos extravasores	➤ Amarelo (pode afetar a segurança)
	➤ Eventual impossibilidade de notificação e de alerta	

**Tabela 2 – Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela inspeção visual em barragens de aterro**

Inspeção visual	Situação	Cenários possíveis de incidentes e/ou acidentes	Eventuais medidas de int
RESERVATÓRIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Derrames de substâncias perigosas ou descarga de materiais poluentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Possibilidade de afetação da qualidade da água</li> <li>➤ Possibilidade de poluição do ar ou do solo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Identificar a origem do derrame/descarga</li> <li>➤ Determinar a dimensão e natureza da descarga (diesel, fuel, óleo, lixos, etc)</li> <li>➤ Avaliar os impactos da descarga</li> <li>➤ Notificar as entidades que utilizam a água pública e ambiental</li> <li>➤ Estimar o esforço e equipamento necessários para produtos da descarga</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impactos negativos para peixes ou vida selvagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Possibilidade de afetação da qualidade da água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Proceder à remoção dos eventuais animais</li> <li>➤ Identificar a origem dos impactos</li> <li>➤ Notificar as entidades que utilizam a água pública e ambiental</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sedimentos afluentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Obstrução da entrada da descarga de fundo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Operação da descarga de fundo</li> <li>➤ Melhorias a nível da conservação do solo</li> <li>➤ Valas perimetrais no reservatório</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Escorregamento de taludes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Geração de ondas que conduzem a potenciais galgamentos da obra</li> <li>➤ Obstrução do vertedouro</li> <li>➤ Obstrução da descarga de fundo/tomada de água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de estabilização de taludes</li> <li>➤ Rebaixamento do nível de água no reservatório</li> <li>➤ Avaliação da possibilidade de novos escoamentos</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Subida do nível de água acima do NMM devido a cheias superiores à cheia de projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Potencial galgamento da obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível de água no reservatório (descarga de fundo)</li> <li>➤ Observação</li> </ul>

**Tabela 2 (cont.). Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela insp**

<b>Inspeção visual</b>	<b>Situação</b>	<b>Cenários possíveis de incidentes e/ou acidentes</b>	<b>Eventuais medi</b>
CORPO DA BARRAGEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Movimentos, fissuras e trincas</li> <li>➤ Erosões</li> <li>➤ Zonas úmidas e/ou ressurgências no talude de jusante ou na inserção da barragem na fundação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Perda de borda livre</li> <li>➤ Erosão interna</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro</li> <li>➤ Instabilidade global aterro-fundação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível de</li> <li>➤ Obras de reabilitação a def do problema (por exemp rebaixamento da soleira, estabilizadoras e de dre impermeabilização a mo</li> <li>➤ Reforço da observação</li> </ul>
OMBREIRAS DA BARRAGEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Surgências nas ombreiras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Eventual arrastamento de materiais finos do trecho superficial da fundação, do aterro, do preenchimento de caixas de falha e/ou de fraturas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de impermeabilização/filtragem/drenagem e co</li> <li>➤ Observação</li> </ul>
GALERIA DE TOMADA DE ÁGUA E DESCARGA DE FUNDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deterioração das paredes da galeria</li> <li>➤ Deterioração do conduto</li> <li>➤ Erosão, fissuras, fendas no concreto, passagens de água, etc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Instabilidade estrutural da galeria</li> <li>➤ Perda de estanqueidade da galeria</li> <li>➤ Erosão interna do aterro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de impermeabilização da galeria</li> <li>➤ Reforço estrutural da galeria</li> <li>➤ Substituição dos trechos de</li> <li>➤ Observação</li> </ul>
VERTEDOURO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Movimentos, erosões, fissuras, fendas</li> <li>➤ Deposição de materiais/obturação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Alterações químicas do concreto</li> <li>➤ Instabilidade estrutural</li> <li>➤ Modificação das condições de escoamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de reabilitação</li> <li>➤ Intervenções de limpeza/ r escoamento</li> <li>➤ Reforço estrutural</li> <li>➤ Observação</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erosões regressivas a jusante da bacia de dissipação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Potencial instabilidade estrutural da bacia</li> <li>➤ Erosão do pé da barragem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Proteção da saída da bacia obras</li> <li>➤ Proteção do pé da barragem</li> <li>➤ Observação</li> </ul>
INSTRUMENTAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Inoperacionalidade e/ou funcionamento deficiente da instrumentação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ocorrência de funcionamentos anómalos do corpo da barragem e/ou fundação, associados às grandezas em observação, sem possibilidade de detecção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de reabilitação instrumentação</li> <li>➤ Reforço da atividade de in</li> </ul>
EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS DA DESCARGA DE FUNDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Inoperacionalidade e/ou funcionamento deficiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impossibilidade de acionar a descarga de fundo para rebaixamento do reservatório em situação de emergência</li> <li>➤ Impossibilidade de impedir o esvaziamento do reservatório caso a situação ocorra com as comportas em posição de abertura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de reabilitação componentes</li> </ul>

**Tabela 3 – Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela exploração do sistema de observação da barragem**

<b>Dispositivos</b>	<b>Grandeza</b>	<b>Situação</b>	<b>Cenários possíveis de incidentes / acidentes</b>
Piezômetros instalados na fundação	Níveis piezométricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento/diminuição importante e inesperada dos níveis piezométricos (comparar com os níveis do reservatório, se ocorrerem variações recentes e a que taxa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização da fundação</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos filtros/drenos</li> <li>➤ Erosão interna</li> <li>➤ Instabilidade global aterro-fundação</li> </ul>
Piezômetros instalados no	Níveis piezométricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento/decaimento importante e inesperado dos níveis piezométricos (comparar com os níveis do reservatório, se</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização do corpo da barragem</li> </ul>

aterro		<p>ocorreram variações recentes e a que taxa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Níveis hidrostáticos medidos superiores aos calculados nos estudos de percolação do projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Funcionamento deficiente dos filtros/drenos</li> <li>➤ Erosão interna</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro</li> <li>➤ Instabilidade global aterro-fundação</li> </ul>	➤
Marcos superficiais	Movimentos superficiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento importante dos recalques (comparar com os níveis do reservatório, se ocorreram variações recentes e a que taxa, analisar níveis piezométricos)</li> <li>➤ Recalques medidos superiores aos estimados no projeto</li> <li>➤ Incremento importante dos deslocamentos horizontais (verificar se ocorreram alterações dos níveis do reservatório e a que taxa)</li> <li>➤ Deslocamentos horizontais medidos superiores aos estimados no projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erosão interna</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro</li> <li>➤ Instabilidade global aterro-fundação</li> <li>➤ Recalques ➔ perda de borda livre ➔ galgamento ➔ erosão externa</li> <li>➤ Abatimentos ➔ perda de borda livre ➔ galgamento ➔ erosão externa</li> </ul>	➤

**Tabela 3 (cont.) – Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela exploração do sistema de observação da barragem.**

Dispositivos	Grandeza	Situação	Cenários possíveis de incidentes e/ou acidentes
Inclinômetros	Deslocamentos internos horizontais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento importante e inesperado dos deslocamentos horizontais internos (comparar com os níveis do reservatório, se ocorreram variações recentes e a que taxa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deslocamentos horizontais excessivos;</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro/ instabilidade global aterro-fundação.</li> </ul>
Placas de recalque	Deslocamentos internos verticais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento importante dos deslocamentos verticais internos (comparar com os níveis do reservatório, se ocorreram variações recentes e a que taxa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deslocamentos verticais excessivos;</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro/ instabilidade global aterro-fundação.</li> </ul>
Células piezométricas	Poropressões	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento/decaimento importante e inesperado das poropressões (comparar com os níveis do reservatório, se ocorreram variações recentes e a que taxa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Poropressões excessivas;</li> <li>➤ Percolações preferenciais;</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização do corpo da barragem;</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos filtros/drenos;</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro/ instabilidade global aterro-fundação.</li> </ul>
Células de pressão total	Pressões totais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Variação importante das pressões totais (comparar com os níveis do reservatório, se ocorreram variações recentes e a que taxa)</li> <li>➤ Pressões totais inferiores ao peso estático das terras subjacentes (cerca de 50%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Transferência de tensão entre elementos de diferente rigidez;</li> <li>➤ Fraturação hidráulica;</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro/ instabilidade global aterro-fundação.</li> </ul>

Medidores de vazão e poço de bombeamento	Vazão	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento importante das vazão totais (comparar com os níveis do reservatório, se ocorreram variações recentes e a que taxa).</li> <li>➤ Vazões medidas superiores às calculadas no projeto</li> <li>➤ Material fino em suspensão carregados pelas águas de percolação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização da fundação</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização do corpo da barragem</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos filtros/drenos</li> <li>➤ Colmatação de filtros e drenos</li> <li>➤ Erosão interna</li> </ul>
--	-------	---	--

**Tabela 4 – Indicadores quantitativos associados ao sistema de instrumentação. Tabela-tipo. Valores a definir para cada barragem**

Situação Hidrológica	Instrumentação	Nível de resposta
<p>Precipitações na estação meteorológica xxx superiores a xx mm em x horas</p> <p>Escoamento registrado na estação hidrométrica de xxx compreendido entre <math>E_{min_{verde}}</math> e <math>E_{max_{verde}}</math> (<math>m^3/s</math>)</p> <p>Nível do reservatório na barragem compreendido entre as cotas <math>Z_{min_{verde}}</math> e <math>Z_{max_{verde}}</math></p>	<p>Sismos que originam no local da barragem acelerações &lt; .... g</p> <p>Vazões drenadas inferiores a ....l/min</p> <p>Deslocamentos verticais inferiores a .... cm</p> <p>Varição do deslocamento vertical inferior a ..... mm/ano</p> <p>Deslocamento horizontal total inferior a .... mm</p> <p>Varição do deslocamento horizontal inferior a .... mm/ano</p>	<b>Verde</b>
<p>Escoamento registrado na estação hidrométrica de xxx compreendido entre <math>E_{min_{amarelo}}</math> e <math>E_{max_{amarelo}}</math> (<math>m^3/s</math>)</p> <p>Nível do reservatório na barragem compreendido entre as cotas <math>Z_{min_{amarelo}}</math> e <math>Z_{max_{amarelo}}</math></p>	<p>Sismos que originam no local da barragem acelerações entre .... e .... g</p> <p>Vazões drenadas inferiores a ....l/min</p> <p>Deslocamentos verticais inferiores a .... cm</p> <p>Varição do deslocamento vertical inferior a ..... mm/ano</p> <p>Deslocamento horizontal total inferior a .... mm</p> <p>Varição do deslocamento horizontal inferior a .... mm/ano</p>	<b>Amarelo</b>
<p>Escoamento registrado na estação hidrométrica de xxx compreendido entre <math>E_{min_{laranja}}</math> e <math>E_{max_{laranja}}</math> (<math>m^3/s</math>)</p> <p>Nível do reservatório na barragem compreendido entre as cotas <math>Z_{min_{laranja}}</math> e <math>Z_{max_{laranja}}</math></p>	<p>Sismos que originam no local da barragem acelerações entre .... e .... g</p> <p>Vazões drenadas inferiores a ....l/min</p> <p>Deslocamentos verticais inferiores a .... cm</p> <p>Varição do deslocamento vertical inferior a ..... mm/ano</p> <p>Deslocamento horizontal total inferior a .... mm</p> <p>Varição do deslocamento horizontal inferior a .... mm/ano</p>	<b>Laranja</b>
<p>Escoamento registrado na estação hidrométrica de xxx superior a <math>E_{vermelho}</math> (<math>m^3/s</math>)</p> <p>Nível do reservatório na barragem superior à cota <math>Z_{vermelho}</math></p>	<p>Sismos que originam no local da barragem acelerações superiores a .... g</p> <p>Vazões drenadas inferiores a ....l/min</p> <p>Deslocamentos verticais inferiores a .... cm</p> <p>Varição do deslocamento vertical inferior a ..... mm/ano</p> <p>Deslocamento horizontal total inferior a .... mm</p> <p>Varição do deslocamento horizontal inferior a .... mm/ano</p>	<b>Vermelho</b>

## 2 AÇÕES DE RESPOSTA

Após a detecção de uma qualquer anomalia ou ocorrência, a primeira ação a empreender é a classificação do nível de resposta. Consoante a classificação estabelecida, que em certos casos poderá não ser imediata, poder-se-ão seguir as ações indicadas nas tabelas seguintes, para cada nível de resposta (Tabelas 5 a 8).

**Tabela 5 – Nível de resposta Verde. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE**

Ação	Quando	Tipo de ação
Promove a avaliação da natureza e extensão do incidente ou ocorrência Declara manutenção do nível de resposta Verde	Após detecção da anomalia ou ocorrência	Classificação do nível de resposta
Notifica os recursos internos no sentido de manterem a normal operação mas “intensificarem o monitoramento ou a observação” Notifica Empreendedor Quando justificável, promove contato com as entidades externas com responsabilidades instituídas: - INMET, INPE e CEMADEN para informação meteorológica	Após identificar nível de resposta	Notificação interna
Intensifica o monitoramento das aflúncias ou a observação da barragem Monitora as descargas para jusante da barragem Registra todas as observações e ações Mobiliza os meios de apoio humanos, materiais e logísticos considerados necessários	Após identificar nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta	Monitoramento da situação
Implementa medidas preventivas e corretivas: - realiza descargas, no caso de cheias - controla o nível de água no reservatório de modo a evitar o deslizamento ou baixa-o de forma a minimizar os danos decorrentes, no caso de deslizamento de encostas - eventualmente promove o deslocamento de técnicos especialistas à barragem, para avaliar a natureza e extensão do incidente e propor medidas (intervenções de reforço da barragem, manutenção ou substituição de equipamento), no caso de outras ocorrências	Durante a situação de alerta	Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência
Alerta Quando aplicável, aciona o sinal de alerta de descarga dos órgãos extravasores à população na ZAS	Durante a situação de alerta	Alerta
Verifica: - i) se as medidas implementadas resultam (ou se a situação deixa de constituir ameaça), <b>declarando o encerramento da emergência e elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência</b> - ii) se a situação evolui para o nível de resposta Amarelo	Após aplicação das medidas	Reclassificação do nível de resposta

**Tabela 6 – Nível de resposta Amarelo. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE**

Ação	Quando	Tipo de ação
<p>Promove a avaliação da natureza e extensão do incidente Declara nível de resposta Amarelo</p>	<p>Após detecção da anomalia ou ocorrência</p>	<p>Classificação nível de resposta</p>
<p>Notifica os recursos internos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- no caso de cheias ou deslizamento iminente de encostas: notificação de estado de vigilância permanente - 24 h/dia;</li> <li>- nos casos restantes: notificação no sentido de “intensificarem o monitoramento ou a observação”</li> </ul> <p>Notifica Empreendedor Promove contato com entidades externas com responsabilidades instituídas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- INMET, INPE e CEMADEN para informação sísmica ou meteorológica</li> <li>- Entidade Fiscalizadora para informação com base no monitoramento contínua das afluências - 24 h/dia</li> </ul>	<p>Após identificar nível de resposta</p>	<p>Notificação interna e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio à gestão da emergência</p>
<p>Implementa o monitoramento contínuo das afluências ou a observação mais intensa da barragem Monitora as descargas para jusante da barragem e consulta o mapa de inundação do vale a jusante Registra todas as observações e ações Verifica a operacionalidade dos meios de emergência: dos sistemas de comunicação, das comportas, dos grupos de emergência, dos Sistemas de notificação e alerta Mobiliza os meios de apoio humanos, materiais e logísticos considerados necessários</p>	<p>Após identificar nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta</p>	<p>Monitoramento da situação</p>
<p>Implementa medidas preventivas e corretivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- realiza descargas no caso de cheias</li> <li>- controla o nível de água no reservatório de modo a evitar o deslizamento ou baixa-o de forma a minimizar os danos decorrentes, no caso de deslizamento de encostas</li> <li>- promove a deslocação de técnicos especialistas à barragem, para avaliar a natureza e extensão do incidente e propor medidas (condicionar a operação do reservatório, intervenções de reforço da barragem, manutenção ou substituição de equipamento), no caso de outras ocorrências (sismos, falha de órgãos extravasores ou Sistemas de notificação e alerta, anomalia do comportamento estrutural, ação criminosa ou fatores de risco)</li> <li>- não aplica qualquer medida no caso de falha na instrumentação</li> </ul>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência</p>

(não aplicável a este nível de resposta)		
--	--	--

**Tabela 6 (cont.) – Nível de resposta Amarelo. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE.**

<b>Ação</b>	<b>Quando</b>	<b>Tipo de ação</b>
<p>Notificação entre entidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entidade Fiscalizadora e barragens a montante e a jusante</li> </ul> <p>Mantêm o contato com as entidades alertadas durante a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água no reservatório e os volumes descarregados se alterem significativamente</p> <p>Alerta:</p> <p>quando aplicável, aciona o sinal de aviso de descarga dos órgãos extravasores para população na ZAS</p>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Notificação e Alerta (ver contatos no Quadro 2)</p>
<p>Verifica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i) se as medidas implementadas resultam (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação retrocede para o nível de resposta Verde (elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência)</li> <li>- ii) se a situação evolui para o nível de resposta Laranja</li> </ul>	<p>Após aplicação das medidas</p>	<p>Reclassificação do nível de resposta</p>

**Tabela 7 - Nível de resposta Laranja. Exemplo de ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE**

Ação	Quando	Tipo de ação
<p>Promove a avaliação da natureza e extensão do acidente</p> <p>Declara nível de resposta Laranja</p>	<p>Após detecção da anomalia ou ocorrência</p>	<p>Classificação nível de resposta</p>
<p>Notifica os recursos internos no sentido de ficarem em estado de vigilância permanente - 24 h/dia</p> <p>Notifica Empreendedor</p> <p>Promove contato com entidades externas com responsabilidades instituídas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- INMET, INPE e CEMADEN para informação sísmica ou meteorológica</li> <li>- Entidade Fiscalizadora para informação com base no monitoramento contínua das afluições - 24 h/dia</li> </ul>	<p>Após identificar nível de resposta</p>	<p>Notificação interna dos recursos e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio à gestão da emergência</p>
<p>Procede à evacuação de todo o pessoal que trabalha no aproveitamento não necessário para a gestão da emergência (nomeadamente o que trabalha na central)</p> <p>Condiciona o acesso à zona da barragem</p> <p>Implementa o monitoramento contínuo das afluições ou a observação mais intensa da barragem</p> <p>Monitora as descargas para jusante da barragem e consulta o mapa de inundação do vale a jusante</p> <p>Registra todas as observações e ações</p> <p>Verifica a operacionalidade dos meios de emergência: dos sistemas de comunicação, das comportas, dos grupos de emergência, dos Sistemas de notificação e de alerta</p> <p>Mobiliza os meios de apoio humanos, materiais e logísticos considerados necessários</p>	<p>Após identificar nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta</p>	<p>Monitoramento da situação</p>
<p>Implementa medidas preventivas e corretivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- procede à abertura total e simultânea de todos os órgãos extravasores e mantém descargas até ao limite máximo fisicamente possível, no caso de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cheias</li> <li>- Deslizamento de encostas</li> </ul> </li> <li>- promove o deslocamento de técnicos especialistas à barragem para avaliar a natureza e extensão do acidente e propor medidas (condicionar a exploração ou esvaziar o reservatório, intervenções de reforço da barragem, manutenção ou substituição de equipamento), no caso de sismos, anomalia do comportamento estrutural, ação criminosa ou atos de guerra</li> <li>- não aplica qualquer medida no caso de (não aplicável a este nível de alerta), no caso de falha dos órgãos extravasores, dos Sistemas de notificação e de alerta ou da instrumentação e fatores de risco</li> </ul>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência</p>



**Tabela 7 (cont.) – Nível de resposta Laranja. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE.**

Ação	Quando	Tipo de ação
<p>Notificação entre entidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entidade Fiscalizadora e barragens a montante e a jusante</li> <li>- em âmbito municipal, as Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que acionam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo secretarias municipais de saúde, serviços de águas e esgoto)</li> <li>- em âmbito estadual, as Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC), órgãos ligados aos gabinetes dos Governadores que acionam os meios associados aos órgãos estaduais (por exemplo a polícia militar e os Corpos de bombeiros)</li> <li>- CENAD</li> </ul> <p>Mantém o contato <i>durante</i> a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água no reservatório e os volumes descarregados se alterem significativamente</p> <p>Organiza reuniões periódicas com estas entidades para avaliação e discussão da situação, participa nos <i>briefings</i> promovidos pelos serviços de Defesa Civil e com estas coordena estratégia para disseminação de informação para a Comunicação Social e para o Público</p> <p>Alerta:</p> <p>Aciona o sinal de descarga ou de aviso para entrar em estado de “prontidão” para eventual evacuação da população na ZAS</p>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Alerta e Aviso (ver contatos no Quadro 2)</p>
<p>Verifica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i) se as medidas implementadas resultam (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação retrocede para o nível de resposta Amarelo (elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência)</li> <li>- ii) se a situação evolui para nível de resposta Vermelho</li> </ul>	<p>Após aplicação das medidas</p>	<p>Reclassificação do nível de resposta</p>

**Tabela 8 - Nível de resposta Vermelho. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE**

Ação	Quando	Tipo de ação
<p>Promove a avaliação da natureza e extensão do acidente</p> <p>Declara nível de resposta Vermelho</p>	<p>Após detecção da anomalia ou ocorrência</p>	<p>Classificação nível de resposta</p>
<p>Notifica os recursos internos de gestão da emergência no sentido que se retirem para a Sala de Emergência</p> <p>Notifica Empreendedor</p> <p>Promove contato com entidades externas com responsabilidades instituídas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- INMET, INPE e CEMADEN para informação sísmica ou meteorológica</li> <li>- Entidade Fiscalizadora para informação com base no monitoramento contínuo das afluições - 24 h/dia</li> </ul>	<p>Após identificar nível de resposta</p>	<p>Notificação interna dos recursos e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio à gestão da emergência</p>
<p>Procede à evacuação de todo o pessoal que trabalha no aproveitamento a não ser o <b>estritamente fundamental</b> para a gestão da emergência</p> <p>Veda o acesso à zona da barragem</p> <p>Implementa o monitoramento contínuo das afluições ou a observação mais intensa da barragem</p> <p>Monitora as descargas para jusante da barragem e consulta o mapa de inundação do vale a jusante</p> <p>Registra todas as observações e ações</p> <p>Verifica a operacionalidade dos meios de emergência: dos sistemas de comunicação, das comportas, dos grupos de emergência, dos sistemas de notificação e de alerta</p> <p>Mobiliza os meios de apoio humanos (<b>os estritamente fundamentais</b>) bem como os recursos materiais e logísticos considerados necessários</p>	<p>Após identificar nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta</p>	<p>Monitoramento da situação</p>
<p>Implementa medidas preventivas e corretivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- procede à abertura total e simultânea de todos os órgãos extravasores e mantém descargas até ao limite máximo fisicamente possível, no caso de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cheias</li> <li>- Deslizamento de encostas</li> </ul> </li> <li>- reduz o armazenamento ou esvazia o reservatório, no caso de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sismos ou anomalia do comportamento estrutural</li> <li>- Ação criminosa ou atos de guerra</li> </ul> </li> <li>- não aplica qualquer medida no caso de (não aplicável a este nível de alerta), no caso de falha nos órgãos extravasores, nos Sistemas de notificação e de alerta e fatores de risco</li> </ul>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência</p>

**Tabela 8 (cont.) – Nível de resposta Vermelho. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE.**

Ação	Quando	Tipo de ação
<p>Notificação entre entidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entidade Fiscalizadora e barragens a montante e a jusante</li> <li>- em âmbito municipal, as Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que acionam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo secretarias municipais de saúde, serviços de águas e esgoto)</li> <li>- em âmbito estadual, as Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC), órgãos ligados aos gabinetes dos Governadores que acionam os meios associados aos órgãos estaduais (por exemplo a polícia militar e os Corpos de bombeiros)</li> <li>- CENAD</li> </ul> <p>Mantêm o contato <i>durante</i> a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água no reservatório e os volumes descarregados se alterem significativamente</p> <p>Organiza reuniões periódicas com estas entidades para avaliação e discussão da situação, participa nos <i>briefings</i> promovidos pelos serviços de Defesa Civil e com estas coordena estratégia para disseminação de informação para a Comunicação Social e para o Público</p> <p>Alerta:</p> <p>Aciona o sinal de evacuação da população na ZAS</p>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Alerta e Aviso (ver contatos no Quadro 2)</p>
<p>Verifica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i) se as medidas implementadas resultam (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação retrocede para o nível de resposta Laranja</li> <li>- ii) se ocorre a ruptura e elabora o <b>relatório de encerramento de eventos de emergência</b></li> </ul>	<p>Após aplicação das medidas</p>	<p>Reclassificação do nível de resposta</p>



Nome do Empreendedor e Logo do Empreendedor

## BARRAGEM

---

# PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE

Coordenador do PAE: \_\_\_\_\_ (Nome)

Fotografia Ilustrativa do Aproveitamento e/ou da Barragem, de preferência em tomada aérea.



ENTIDADE FISCALIZADORA: \_\_\_\_\_

Documento Nº: \_\_\_\_\_ Revisão Nº: \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Responsável pela Elaboração: \_\_\_\_\_ (Nome)

Local: (Município, UF)

Data: (Dia, Mês e Ano)

# RESUMO

Este documento apresenta um modelo com o conteúdo e organização tipo de um Plano de Ação de Emergência (PAE) à luz do pretendido e do disposto na legislação brasileira de segurança de barragens. Este modelo teve em consideração as boas práticas existentes no domínio do planejamento de emergência em barragens e pode ser adotado pelos Empreendedores como base para a elaboração dos respectivos PAE.

# SUMÁRIO

Item	Descrição		Página
<b>SEÇÃO I</b>	<b>INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM</b>		
I.1	APRESENTAÇÃO DO PAE		
I.2	OBJETIVO DO PAE		
I.3	IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO EMPREENDEDOR, DO COORDENADOR DO PAE E DAS ENTIDADES CONSTANTES DO FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO		
I.4	DESCRIÇÃO DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS I.4.1 Identificação e localização da barragem I.4.2 Descrição geral da barragem I.4.3 Características hidrológicas, geológicas e sísmicas I.4.4 Reservatório I.4.5 Órgãos extravasores I.4.6 Instrumentação I.4.7 Acessos à barragem		
I.5	RECURSOS MATERIAIS E LOGÍSTICOS NA BARRAGEM I.5.1 Sistemas de iluminação e alimentação de energia I.5.2 Sala de emergência I.5.3 Recursos materiais mobilizáveis em situação de emergência		
<b>SEÇÃO II</b>	<b>DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA</b>		
II.1	CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES		
II.2	AÇÕES ESPERADAS		
<b>SEÇÃO III</b>	<b>PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA</b>		
III.1	OBJETIVO		
III.2	NOTIFICAÇÃO		
III.3	SISTEMA DE ALERTA		
III.4	FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO		

<b>SEÇÃO IV</b>	<b>RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE</b>		
IV.1	RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR		
IV.2	RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE		
IV.3	RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA		
IV.4	SISTEMA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL		
<b>SEÇÃO V</b>	<b>SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO E RESPECTIVOS MAPAS</b>		
V.1	MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA		
V.2	CRITÉRIOS E CENÁRIOS DE MODELAGEM DA CHEIA DE RUPTURA		
V.3	VALE A JUSANTE E IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS VULNERÁVEIS V.3.1 Resultados e mapa de inundação V.3.2 Caracterização do vale a jusante V.3.3 Caracterização da Zona de Autossalvamento		
	<b>ANEXOS E APÊNDICES</b>		
VI	ANEXO 1 – PLANO DE TREINAMENTO DO PAE		
VII	ANEXO 2 – MEIOS E RECURSOS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
VIII	ANEXO 3 – FORMULÁRIOS-TIPO		
VIII	VIII.1 Formulário de declaração de início da emergência		
VIII	VIII.2 Formulário de declaração de encerramento da emergência		
VIII	VIII.3 Formulário de mensagem de notificação		
XI	ANEXO 4 - COORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS VULNERÁVEIS NA ZAS		

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – BARRAGEM _____	LOCALIZAÇÃO.....	5
FIGURA 2 – BARRAGEM _____	PLANTA GERAL.....	7
FIGURA 3 – BARRAGEM _____	SEÇÕES PRINCIPAIS.....	7
FIGURA 4 – BARRAGEM _____	CURVAS DE ÁREAS INUNDADAS E DE VOLUMES ARMAZENADOS DO RESERVATÓRIO.....	10
FIGURA 5 – BARRAGEM _____	CURVAS DE VAZÃO DO VERTEDOURO.....	11
FIGURA 6 – BARRAGEM DE _____	ACESSOS.....	12
FIGURA 7 – ZAS DA BARRAGEM _____	LOCALIZAÇÃO DAS SIRENES.....	30
FIGURA 8 – FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO.....		31
FIGURA 9 – AÇÕES A IMPLEMENTAR PELO COORDENADOR DO PAE.....		33
FIGURA 10 – ORGANIZAÇÃO A NÍVEL DA BARRAGEM.....		34
FIGURA 11 – ORGANIZAÇÃO ESQUEMÁTICA DO SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL.....		35
FIGURA 12 – MAPA DE INUNDAÇÃO.....		37
FIGURA 13 – MAPA DA ZAS.....		38

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – FOLHA DE ATUALIZAÇÃO DO PAE.....		2
QUADRO 2 – LISTA DE CONTATOS DO PAE.....		3
QUADRO 3 – RELAÇÃO DAS ENTIDADES QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE.....		4
QUADRO 4 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA BARRAGEM DE (DENOMINAÇÃO OFICIAL).....		7
QUADRO 5 – CARACTERÍSTICAS DA CHEIA DE RUPTURA. CENÁRIO _____.....		36
QUADRO 6 – LISTA DE RECURSOS MATERIAIS RENOVÁVEIS DA BARRAGEM _____.....		40
QUADRO 7 – LISTA DE RECURSOS MOBILIZÁVEIS DA BARRAGEM _____.....		41
QUADRO 8 – CARACTERÍSTICAS DAS INFRAESTRUTURAS LOCALIZADAS NA ZAS DA BARRAGEM _____.....		45
QUADRO 9 – CARACTERÍSTICAS DAS EDIFICAÇÕES LOCALIZADAS NA ZAS DA BARRAGEM DE _____ .....		45

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE RESPOSTA EM FUNÇÃO DO TIPO DE OCORRÊNCIA EXCEPCIONAL OU DE CIRCUNSTÂNCIA ANÔMALA NA BARRAGEM (DENOMINAÇÃO OFICIAL) .....	15
TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE RESPOSTA. INDICADORES QUALITATIVOS DETECTÁVEIS PELA INSPEÇÃO VISUAL NA BARRAGEM DE (DENOMINAÇÃO OFICIAL) .....	17
TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE RESPOSTA. INDICADORES QUALITATIVOS DETECTÁVEIS PELA EXPLORAÇÃO DO SISTEMA DE OBSERVAÇÃO NA BARRAGEM DE (DENOMINAÇÃO OFICIAL) .....	19
TABELA 4 – INDICADORES QUANTITATIVOS ASSOCIADOS À INSTRUMENTAÇÃO NA BARRAGEM DE (DENOMINAÇÃO OFICIAL).....	21
TABELA 5 – NÍVEL DE RESPOSTA VERDE. AÇÕES DE RESPOSTA A IMPLEMENTAR PELO COORDENADOR DO PAE .....	22
TABELA 6 – NÍVEL DE RESPOSTA AMARELO. AÇÕES DE RESPOSTA A IMPLEMENTAR PELO COORDENADOR DO PAE .....	23
TABELA 7 - NÍVEL DE RESPOSTA LARANJA. EXEMPLO DE AÇÕES DE RESPOSTA A IMPLEMENTAR PELO COORDENADOR DO PAE.....	25
TABELA 8 - NÍVEL DE RESPOSTA VERMELHO. AÇÕES DE RESPOSTA A IMPLEMENTAR PELO COORDENADOR DO PAE .....	27

## SEÇÃO I – INFORMAÇÕES GERAIS DO PAE E DA BARRAGEM

### I.1. APRESENTAÇÃO DO PAE

A barragem ..... foi classificada, com base na categoria de risco e de dano potencial associado, como sendo de Classe A. Assim, o presente PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAE da barragem ..... é um documento formal onde estão estabelecidas as ações a serem executadas em caso de situação de emergência, bem como identificados os agentes a serem notificados dessa ocorrência (Art. 12 da Lei nº 12.334/2010).

O PAE da barragem ..... está dividido nos cinco seguintes capítulos:

- Capítulo I: apresenta informações gerais sobre o PAE e a caracterização da barragem
- Capítulo II: define critérios para identificação de anomalias ou de condições potenciais de ruptura da barragem, bem como os procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência
- Capítulo III: apresenta os procedimentos de notificação e o sistema de alerta necessários para notificar as entidades intervenientes na gestão de emergências e desencadear o aviso às populações
- Capítulo IV: inclui a definição da cadeia de decisão e a identificação dos principais intervenientes no processo de gestão da emergência
- Capítulo V: caracteriza a cheia induzida pela ruptura da barragem, incluindo os mapas de inundação e o correspondente zoneamento de risco no vale a jusante.

O PAE contém ainda os quatro seguintes anexos:

- Anexo 1: Plano de treinamento do PAE
- Anexo 2: Inventário de recursos e meios para a gestão da emergência
- Anexo 3: Formulários direcionados para o PAE
- Anexo 4: Coordenadas das infraestruturas e edificações para caracterização dos elementos em risco na ZAS

O presente PAE da barragem ..... deverá ser atualizado anualmente, sendo incluídas as novas informações, e com remoção dos dados tornados desatualizados e/ou incorretos (Quadro 1). As folhas corrigidas deverão ser anotadas adequadamente em seu rodapé e suas cópias serão distribuídas para todas as pessoas que participem do PAE e tenham em seu poder uma cópia para uso.

Quadro 1 – Folha de atualização do PAE

PAE DA BARRAGEM _____				
CONTROLE DE ATUALIZAÇÕES DO PAE				
Atualiz	Data	Descrição	Elaborado	Aprovado

## I.2. OBJETIVO DO PAE

O PAE da barragem ..... contempla: i) identificação e análise das possíveis situações de emergência; ii) procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem; iii) procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação; e iv) estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência (Art. 12º da Lei nº 12.334/2010).

No PAE, está definida a Zona de Autossalvamento (ZAS), ou seja, a região a jusante da barragem que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente.

O PAE é um documento que deve ser adaptado à fase de vida da obra, às circunstâncias de operação e às suas condições de segurança. É, por isso, um documento datado que deve ser periodicamente revisado, nomeadamente sempre que haja lugar a alterações dos dados dos intervenientes e, ainda, na sequência da realização de exercícios de teste ou da ocorrência de situações de emergência, que justifiquem alterações ao plano.

O treinamento e divulgação do PAE da barragem ..... processa-se através da realização de ensaios e exercícios de simulação, bem como de ações de sensibilização da população como descritos no Anexo 1.

## I.3 IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO EMPREENDEDOR, DO COORDENADOR DO PAE E DAS ENTIDADES CONSTANTES DO FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO

Os contatos para notificação de entidades com responsabilidades instituídas, em particular do Empreendedor, do Coordenador do PAE, do Sistema de Defesa Civil são apresentados no Quadro 2 e no Fluxograma de Notificação que consta da Figura 8 (Secção III – Procedimentos de notificação e sistema de alerta).

Quadro 2 – Lista de contatos do PAE

<b>PAE DA BARRAGEM</b>		
<b>Lista de contatos do PAE</b>		
<b>EMPREENDEDOR:</b>	Nome: Fone: Celular:	
<b>COORDENADOR DO PAE:</b>	Nome: Fone: Celular:	
<b>SUBSTITUTO DO COORDENADOR PAE:</b>	Nome: Fone: Celular:	
<b>ENCARREGADO:</b>	Nome: Fone: Celular:	
<b>ENTIDADE FISCALIZADORA:</b>	Nome:	Nome do contato: Fone: Celular:
<b>BARRAGENS NO CURSO DE ÁGUA:</b>	Montante	Nome do contato: Fone: Celular:
	Jusante	Nome do contato: Fone: Celular:
<b>AUTORIDADES E SISTEMA DE DEFESA CIVIL:</b>	COMDEC – Comissão Municipal de Defesa Civil do Município de.....	Nome do contato: Fone: Celular:
	Prefeitura municipal:	Nome do contato: Fone: Celular:
	CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de....:	Nome do contato: Fone: Celular:
	Gabinete do Governador de Estado:	Nome do contato: Fone: Celular:
	CENAD - Centro Nacional de Administração Desastres:	Nome do contato: Fone: Celular:
<b>OUTRAS AGÊNCIAS:</b>	INPE	Nome do contato: Fone: Celular:
	CEMADEN:	Nome do contato: Fone: Celular:
	INMET	Nome do contato: Fone: Celular:
<b>VALE A JUSANTE:</b>	Associação de Moradores:	Nome do contato: Fone: Celular:
	Empresa/Indústria:	Nome do contato: Fone: Celular:

A implementação eficaz de um PAE exige que os documentos base sejam controlados, com a distribuição de cópias restringida às entidades com responsabilidades instituídas, garantindo o

conhecimento e a utilização de planos sempre atualizados. Assim, deve estar identificada a relação das entidades que receberam cópia do PAE (Quadro 3).

Quadro 3 – Relação das entidades que receberam cópia do PAE

<b>PAE DA BARRAGEM _____</b> <b>Relação das autoridades que receberam cópia do PAE</b>	
Entidade	Nº de cópias
Entidade Fiscalizadora (ANA, ANEEL, DNPM, IBAMA, outros)	
Barragem a montante de _____	
Barragem a jusante de _____	
Comissão Municipal de Defesa Civil (COMDEC) do município de _____	
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC) do estado de _____	
Centro Nacional de Administração de Desastres (CENAD)	
INPE (informação meteorológica)	
CEMADEN (informação meteorológica)	
INMET (informação meteorológica)	

## I.4. DESCRIÇÃO DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS

### I.4.1 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM

A barragem (denominação oficial, com o Empreendedor ( \_\_\_\_\_ ), está localizada (identificar o Rio, a Unidade da Federação e o Município) . As respectivas coordenadas são (Coordenadas: . . Norte; . . Leste).

A montante da barragem de (denominação oficial) existem as seguintes barragens: barragem de (denominação oficial), situada ( \_\_\_\_\_ )km a montante.

A jusante da barragem de (denominação oficial) existem as seguintes barragens: barragem de (denominação oficial), situada ( \_\_\_\_\_ )km a montante.



**Figura 1 – Barragem \_\_\_\_\_ . Localização.**

### I.4.2 DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

A barragem (denominação oficial), apresenta as seguintes características principais: (apresentar tipo de barragem, altura, capacidade de armazenamento total e útil, desenvolvimento da crista, inclinação dos taludes, cotas características (crista, nível superior das comportas, fundação, galerias), volumes (de escavação, concreto no corpo da barragem), data de construção, utilizações a que se destina, etc. (Quadro 4)).

Em particular, a barragem (denominação oficial), é constituída por (seguindo-se da margem direita para a margem esquerda):

- .....
- .....
- .....
- .....

Adicionalmente, existem:

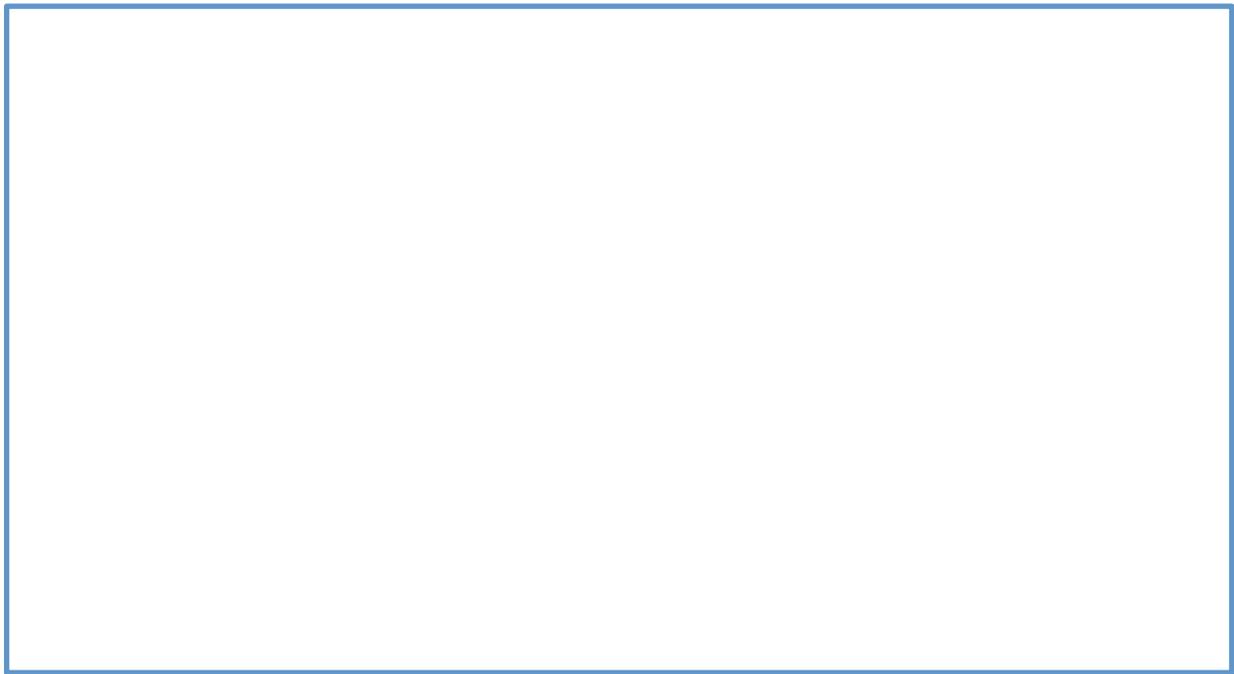
- Estruturas Principais:  
.....;
- Estruturas Complementares:  
.....;
- .....

A Barragem [ ] é uma estrutura (descrever o tipo), com altura máxima de [ ] m e aproximadamente [ ] m de extensão (pelo eixo ), com de crista na elevação [ ].

A seguir apresentam-se figuras ilustrativas simplificadas (ou fotos). Nos Anexos [ ] estão incluídos desenhos oficiais, mostrando a situação 'Como Construída' (Planta, Seções e Detalhes, etc).



**Figura 2 – Barragem \_\_\_\_\_ . Planta geral.**



**Figura 3 – Barragem \_\_\_\_\_ . Seções principais.**

Quadro 4 – Principais características da barragem de (denominação oficial).

Principais características da barragem _____	
Denominação Oficial	
Empreendedor	
Entidade Fiscalizadora	
<b>Localização</b>	
Rio	
Município	
Unidade da Federação	
Coordenadas Norte e Leste	
Existência de barragens a montante e a jusante	
<b>Barragem</b>	
Tipo	
Altura máxima acima da fundação	
Cota do coroamento	
Comprimento do coroamento	
Largura do coroamento	
Inclinação do paramento de montante	
Inclinação do paramento de jusante	
<b>Bacia hidrográfica</b>	
Área	
Precipitação média na bacia	
Volume anual médio afluente	
Vazões máximas	
<b>Características geológicas regionais</b>	
Fundação	
Suscetibilidade a escorregamento de taludes do reservatório	
Sismicidade potencial	
<b>Reservatório</b>	
Nível Mínimo Operacional (NmO)	
Nível Máximo Normal (NMN)	
Nível Máximo Maximorum (NMM)	
Nível de máxima cheia (T = 1000 anos)	

<i>Reservatório</i>	
Capacidade total do reservatório	
Capacidade útil do reservatório	
Área inundada (NMN)	
Tempo de esvaziamento	
<i>Extravasor de cheias</i>	
Localização	
Tipo	
Descrição da entrada	
Descrição do canal	
Comprimento	
Largura (na seção constante)	
Modalidade de dissipação de energia	
Comprimento	
Largura	
<i>Descarregador de fundo</i>	
Solução	
Localização	
Vazão (sob o NMN)	
Cota da soleira à entrada	
Comprimento da conduta	
Tipo de comportas	
Comprimento da bacia de dissipação	
Fonte alternativa de energia	
Possibilidade de manobra manual	
Comando à distância	
<i>Tomada d'água</i>	
Solução	
Localização	
Comprimento	
Controle à entrada	
Controle à saída	
Cotas das tomadas d'água à entrada	
Fonte alternativa de energia	
Possibilidade de manobra manual	
Comando à distância	

#### I.4.3 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOLÓGICAS E SÍSMICAS

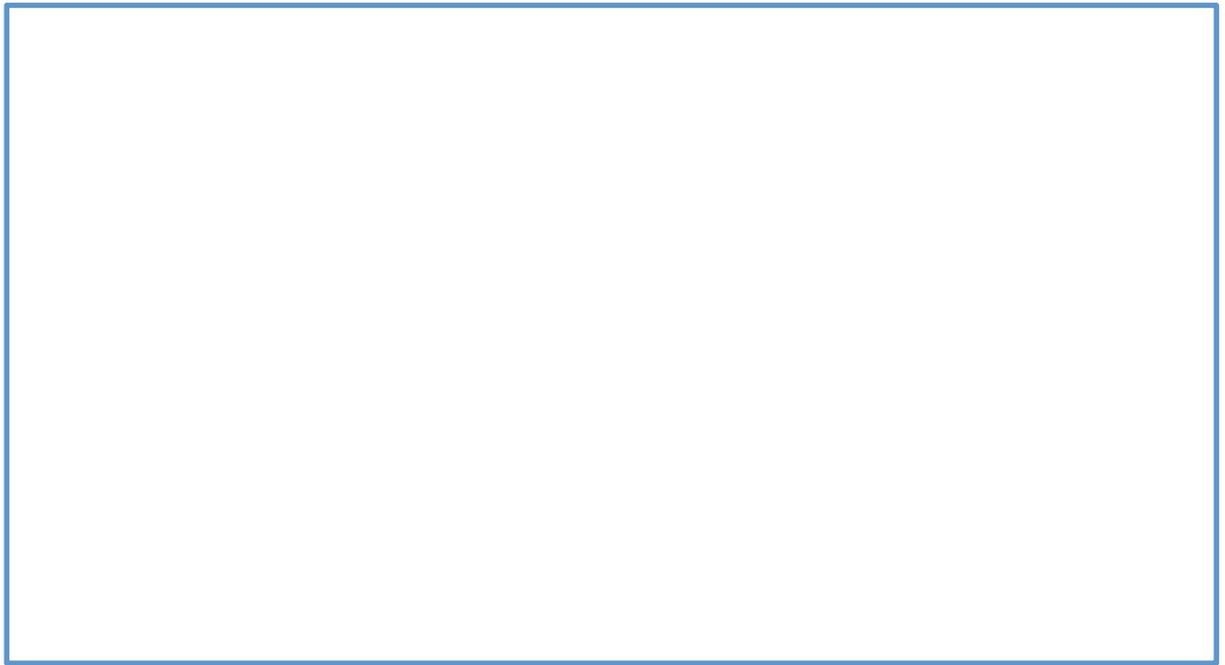
Descrever a bacia hidrográfica (área, perímetro, etc.) e definir características meteorológicas e hidrométricas (por exemplo: precipitação média na bacia, vazão média anual, vazões de cheia). Apresentar figuras nomeadamente dos hidrogramas das cheias de projeto afluente e efluente e referir os sismos de projeto.

Descrever as características geológicas da fundação da barragem e a suscetibilidade a escorregamentos de taludes do reservatório.

#### I.4.4 RESERVATÓRIO

Neste capítulo deve ser feita uma descrição geral do reservatório e apresentadas as cotas características de exploração, nomeadamente: Nível máximo normal, nível de máximo maximum, nível mínimo de operação, etc.

Devem ser apresentadas as curvas de áreas inundadas e de volumes armazenados do reservatório.



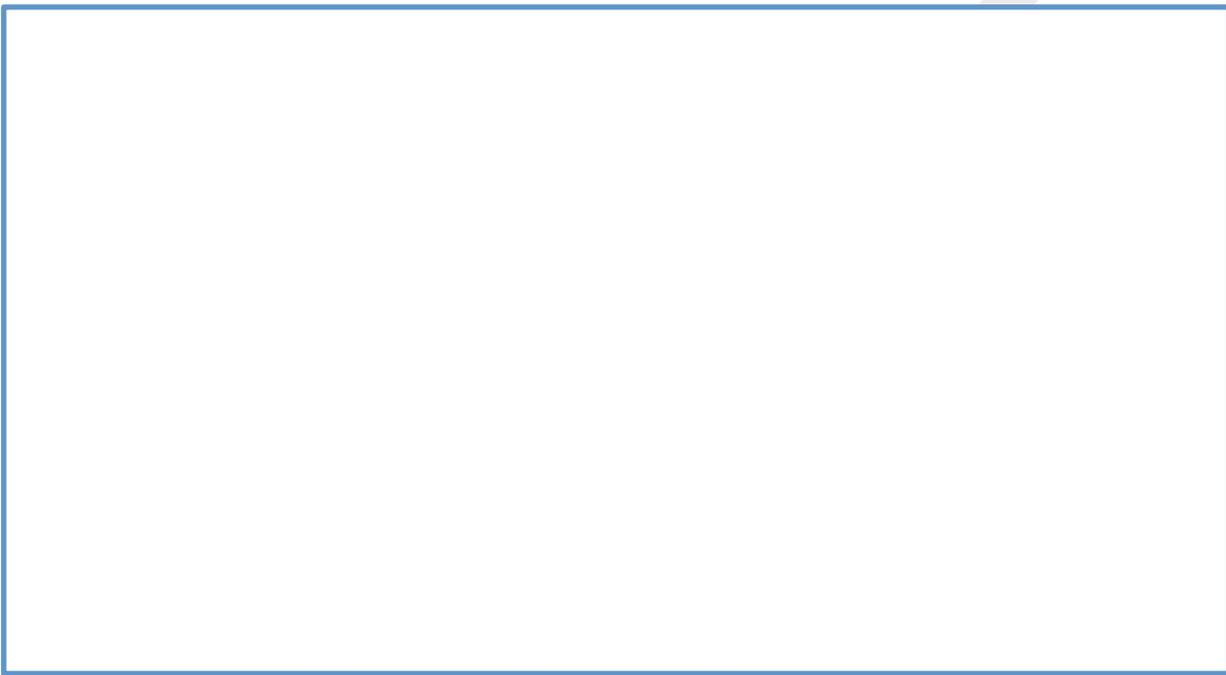
**Figura 4 – Barragem \_\_\_\_\_ . Curvas de áreas inundadas e de volumes armazenados do reservatório.**

#### I.4.5 ÓRGÃOS EXTRAVASORES

Descrever o vertedouro de superfície (ou o Sangradouro), o descarregador de fundo (se existente), explicitando: a localização, o tipo de vertedouro, a modalidade de dissipação de energia, o número de vãos, as cotas (da soleira vertedoura, superior das comportas), a capacidade máxima de descarga (e o período de retorno: bimilenar, decamilenar, PMF, etc.).

Caracterizar as comportas (tipo, altura, largura, raios) e identificar a localização do posto de manobra dos equipamentos.

Apresentar as curvas de vazão dos órgãos extravasores.



**Figura 5 – Barragem \_\_\_\_\_ . Curvas de vazão do vertedouro.**

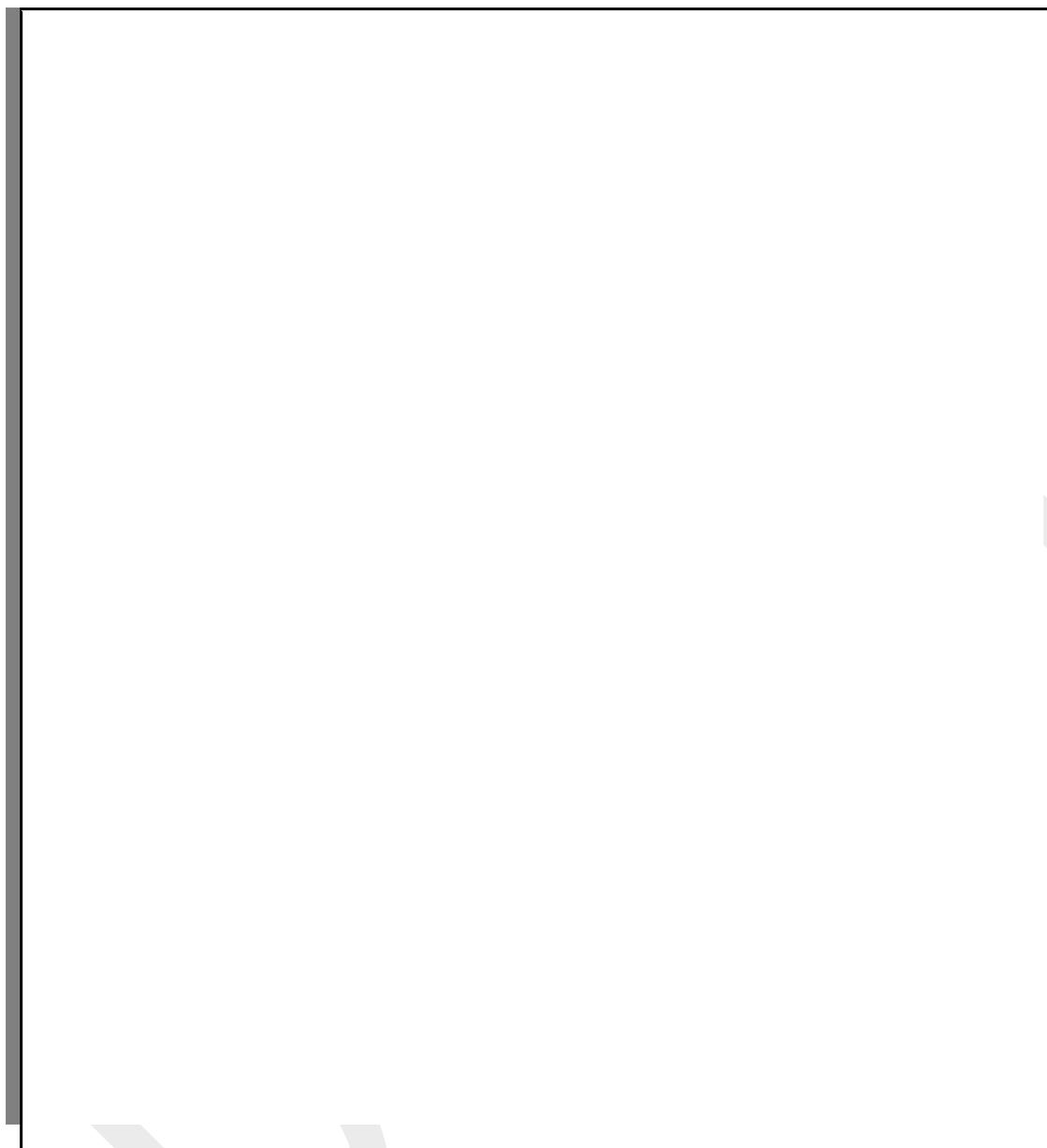
#### I.4.6 INSTRUMENTAÇÃO

Descrever a instrumentação para controle de segurança estrutural da barragem, apresentando planta e detalhes da sua localização.

#### I.4.7 ACESSOS À BARRAGEM

O acesso principal à barragem é feito através da estrada municipal, em continuação à rodovia nº \_\_\_\_\_, no sentido da cidade \_\_\_\_\_, à cidade \_\_\_\_\_, na altura do quilômetro \_\_\_\_\_.

A distância entre a cidade de \_\_\_\_\_ e a Barragem \_\_\_\_\_ é de aproximadamente -----km, pela rodovia nº \_\_\_\_\_, estando boa parte em condições (descrever condições).



**Figura 6 – Barragem de \_\_\_\_\_ . Acessos.**

## I.5 RECURSOS MATERIAIS E LOGÍSTICOS NA BARRAGEM

### I.5.1 INTRODUÇÃO

Para fazer face a situações de emergência têm de existir recursos materiais fixos e mobilizáveis, com destaque para os meios de comunicação, de fornecimento de energia, de transporte e outros. Esses recursos são necessários para um atendimento imediato e provisório, para fazer frente às condições de emergência que estejam se iniciando, para que se possa ganhar tempo, até à chegada de equipe, equipamento e materiais, que realmente possam ter uma ação mais completa sobre o evento.

### I.5.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA

Devem ser identificados e caracterizados os regimes de serviço de alimentação de energia que existem na barragem, nomeadamente se possui sistema de comutação normal/recurso, permitindo selecionar a alimentação elétrica a partir da rede ou do gerador de emergência.

Descrever os sistemas de iluminação, devendo ser mencionada se existe iluminação do aproveitamento, nomeadamente se esta abrange as galerias, a crista e o paramento de jusante da barragem. Esta iluminação é um recurso importante em situação de emergência, devendo ser esclarecido se o aproveitamento possui sistema de comutação normal/recurso, permitindo selecionar a alimentação elétrica a partir da rede ou do gerador de emergência.

### I.5.3 SALA DE EMERGÊNCIA

Identificar a localização da sala de emergência e descrever os sistemas nela existentes como por exemplo interfaces de comunicação com os sistemas de notificação e de alerta, sistema de controlo dos órgãos extravasores, etc).

### I.5.4 RECURSOS MATERIAIS MOBILIZÁVEIS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

No que diz respeito a recursos materiais mobilizáveis para responder a emergências identificar: i) equipamento diverso (gruas, caminhões, retro-escavadoras); ii) meios de transporte terrestres disponíveis para as operações de alerta na ZAS, em complemento do sistema de alerta fixo; iii) meios de transporte fluviais; iv) equipamento de segurança (do qual se salientam grupos eletrogéneos móveis, projetores e material de iluminação, meios portáteis de emissão em alta voz bem como meios de comunicação suplementares).

No que diz respeito aos recursos materiais renováveis identificar material diverso de manutenção e reparação.

Deve apresentar-se uma lista com os meios e recursos disponíveis (vide exemplos no Anexo 2). Devem também ser identificadas as zonas próximas onde é possível obter recursos. Assim, por exemplo, os municípios que podem providenciar, numa situação de acidente, mão de obra, equipamento e materiais.

## SEÇÃO II – DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA

### II.1 Classificação das situações

A classificação do nível de resposta deve ser feita em quatro níveis, de acordo com a descrição das características gerais de cada situação de emergência em potencial da barragem:

- (Nível de resposta 0 – Normal (verde): quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem não comprometam a segurança da barragem, mas devam ser controladas e monitoradas ao longo do tempo;
- Nível de resposta 1 – Atenção (amarelo): quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem não comprometam a segurança da barragem no curto prazo, mas devam ser controladas, monitoradas ou reparadas;
- Nível de resposta 2 – Alerta (laranja): quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem risco à segurança da barragem, no curto prazo, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema;
- Nível de resposta 3 – Emergência (vermelho): quando as anomalias encontradas ou a ação de eventos externos à barragem representem risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos decorrentes do colapso da barragem.

A classificação do nível de resposta é feita com base na observação ou inspeção aos diferentes componentes da obra (que permitem a detecção de “sinais” – indicadores qualitativos – de eventuais anomalias de comportamento) e/ou através da análise dos resultados da exploração da instrumentação (baseando-se na definição de bandas de variação para grandezas observadas consideradas representativas do estado da obra – indicadores quantitativos).

Desenvolver tabelas para classificação do nível de resposta para a barragem com base em indicadores qualitativos e quantitativos (vide exemplos que constam das Tabelas 1 a 4).

Tabela 1 – Definição do nível de resposta em função do tipo de ocorrência excepcional ou de circunstância anômala na barragem (*denominação oficial*)

Ocorrência excepcional ou circunstância anômala	Cenários possíveis	Nível de resposta
Cheias	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aumento excessivo do nível de água no reservatório</li> <li>➤ Galgamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deve ser estabelecido com base em indicadores quantitativos: níveis no reservatório e escoamento afluente (vide Tabela 8)</li> </ul>
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ruptura da barragem</li> <li>➤ Inoperacionalidade dos órgãos extravasores</li> <li>➤ Perda de borda livre</li> <li>➤ Deslizamento nos taludes da barragem</li> <li>➤ Deslizamento de encostas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deve ser estabelecido com base em indicadores quantitativos (vide Tabela 8)</li> </ul>
Ruptura de barragem a montante	➤ Sem galgamento da estrutura em análise	➤ Verde/Amarelo
	➤ Galgamento da estrutura em análise	➤ Laranja/Vermelho
Falha de órgãos extravasores ou de equipamento de operação	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório</li> <li>➤ Redução da capacidade de vazão</li> <li>➤ Galgamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verde (fora da época de cheias)</li> <li>➤ Amarelo/Laranja (durante época de cheias ou bacias sujeitas a cheias repentinas)</li> <li>➤ Vermelho (no caso de ocasionar galgamento da estrutura em análise)</li> </ul>
Falha dos sistemas de notificação e alerta	➤ Impossibilidade de notificação	➤ Verde/Amarelo (fora da época de cheias)
	➤ Impossibilidade de alerta	➤ Amarelo/Laranja (na época de cheias)

Tabela 1 (cont.) – Definição do nível de resposta em função do tipo de ocorrência excepcional ou de circunstância anômala na barragem (*denominação oficial*)

Ocorrência excepcional ou circunstância anômala	Cenários possíveis	Nível de resposta
Falha da instrumentação <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Falta de dados de observação</li> <li>➤ Dificuldade em avaliar a situação da barragem</li> </ul>	➤ Verde/Amarelo
Anomalias relacionadas com o comportamento estrutural, a fundação e os materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fendilhagem, infiltrações no corpo da barragem e fundação e movimentos diferenciais</li> <li>➤ Fenômenos de deterioração no concreto</li> <li>➤ Instabilidade estrutural, risco de ruptura</li> <li>➤ Conjunto de grandezas que se traduzem em efeitos (variação de deslocamentos horizontais e verticais, movimentos de juntas, vazões e subpressões)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verde/amarelo/laranja</li> <li>➤ Indicadores quantitativos sempre que possível (ver exemplos 6 e 7)</li> </ul>
Deslizamentos de encostas	➤ Obstrução dos órgãos extravasores	➤ Amarelo
	➤ Geração de ondas anormais a montante (sem galgamento)	➤ Verde/Amarelo
	➤ Galgamento	➤ Laranja/Vermelho
Ação criminosa: Sabotagem Ameaça de bomba Ato de guerra	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impossibilidade de manobra ou de esvaziamento do reservatório</li> <li>➤ Perda de borda livre e consequente galgamento</li> <li>➤ Instabilização de taludes</li> <li>➤ Perigo de instabilidade ou ruptura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Amarelo</li> <li>➤ Laranja</li> <li>➤ Vermelho</li> </ul>
Derrames de substâncias perigosas ou descarga de materiais poluentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Alteração da qualidade da água</li> <li>➤ Poluição do ar ou do solo</li> </ul>	➤ Verde
Impactos negativos para o ecossistema	➤ Possibilidade de afetação da qualidade da água	➤ Verde
Incêndios florestais	➤ Possibilidade de afetar a funcionalidade da barragem	➤ Verde
	➤ Possibilidade de afetar a segurança da barragem	➤ Amarelo
Fatores de risco na casa de força, sala de emergência e pontos nevrálgicos Acidentes pessoais, incêndios, inundações e vandalismo	➤ Danos pessoais	➤ Verde
	➤ Danos materiais	➤ Verde (pode afetar a funcionalidade)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Eventual impossibilidade de operar à distância órgãos de manobra</li> <li>➤ Eventual impossibilidade de notificação e de alerta</li> </ul>	➤ Amarelo (pode afetar a segurança)

<sup>1</sup> De notar que estas tabelas são exemplificativas: Assim, o técnico que está a desenvolver o PAE para uma barragem sem instrumentação não deverá colocar esta linha (mas esta deve aparecer, para o PAE de uma barragem instrumentada).

Tabela 2 – Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela inspeção visual na barragem de *(denominação oficial)*

Inspeção visual	Situação	Cenários possíveis de incidentes e/ou acidentes	Eventuais medidas de intervenção	Nível de resposta
RESERVATÓRIO	➤ Derrames de substâncias perigosas ou descarga de materiais poluentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Possibilidade de afetação da qualidade da água</li> <li>➤ Possibilidade de poluição do ar ou do solo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Identificar a origem do derrame/descarga</li> <li>➤ Determinar a dimensão e natureza da descarga (por exemplo: diesel, fuel, óleo, lixos, etc)</li> <li>➤ Avaliar os impactos da descarga</li> <li>➤ Notificar as entidades que utilizam a água e as autoridades de saúde pública e ambiental</li> <li>➤ Estimar o esforço e equipamento necessário para conter os produtos da descarga</li> </ul>	➤ Verde / Amarelo
	➤ Impactos negativos para peixes ou vida selvagem	➤ Possibilidade de afetação da qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Proceder à remoção dos eventuais animais mortos</li> <li>➤ Identificar a origem dos impactos</li> <li>➤ Notificar as entidades que utilizam a água e as autoridades de saúde pública e ambiental</li> </ul>	➤ Verde/ Amarelo
	➤ Sedimentos afluentes	➤ Obstrução da entrada da descarga de fundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Operação da descarga de fundo</li> <li>➤ Melhorias a nível da conservação do solo da bacia hidrográfica</li> <li>➤ Valas perimetrais no reservatório</li> </ul>	➤ Amarelo
	➤ Escorregamento de taludes	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Geração de ondas que conduzem a potenciais galgamentos da obra</li> <li>➤ Obstrução do vertedouro</li> <li>➤ Obstrução da descarga de fundo/tomada de água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de estabilização de taludes</li> <li>➤ Rebaixamento do nível de água no reservatório</li> <li>➤ Avaliação da possibilidade de novos escorregamentos</li> </ul>	➤ Amarelo/laranja
	➤ Subida do nível de água acima do NMM devido a cheias superiores à cheia de projeto	➤ Potencial galgamento da obra	➤ Rebaixamento do nível de água no reservatório (operação da descarga de fundo) Observação	➤ Amarelo/Laranja

Tabela 2 (cont.) - Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela inspeção visual na barragem de (denominação oficial)

Inspeção visual	Situação	Cenários possíveis de incidentes e/ou acidentes	Eventuais medidas de intervenção	Nível de resposta
CORPO DA BARRAGEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Movimentos, fissuras e trincas</li> <li>➤ Erosões</li> <li>➤ Zonas úmidas e/ou ressurgências no talude de jusante ou na inserção da barragem na fundação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Perda de borda livre</li> <li>➤ Erosão interna</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro</li> <li>➤ Instabilidade global aterro-fundação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível de água no reservatório</li> <li>➤ Obras de reabilitação a definir consoante o tipo e magnitude do problema (por exemplo: alteamento da crista, rebaixamento da soleira, execução de bermas estabilizadoras e de drenagem a jusante, obras de impermeabilização a montante, etc)</li> <li>➤ Reforço da observação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verde/amarelo/</li> <li>➤ laranja</li> </ul>
OMBREIRAS DA BARRAGEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Resurgências nas ombreiras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Eventual arrastamento de materiais finos do trecho superficial da fundação, do aterro, do preenchimento de caixas de falha e/ou de fraturas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de impermeabilização a montante e/ou de filtragem/drenagem e confinamento a jusante</li> <li>➤ Observação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Amarelo</li> </ul>
GALERIA DE TOMADA D'ÁGUA E DESCARGA DE FUNDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deterioração das paredes da galeria</li> <li>➤ Deterioração do conduto</li> <li>➤ Erosão, fissuras, fendas no concreto, passagens de água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Instabilidade estrutural da galeria</li> <li>➤ Perda de estanqueidade da galeria</li> <li>➤ Erosão interna do aterro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de impermeabilização do concreto e/ou juntas da galeria</li> <li>➤ Reforço estrutural da galeria</li> <li>➤ Substituição dos trechos de conduto danificados</li> <li>➤ Observação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verde/amarelo</li> </ul>
VERTEDOURO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Movimentos, erosões, fissuras, fendas</li> <li>➤ Deposição de materiais/obturação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Alterações químicas do concreto</li> <li>➤ Instabilidade estrutural</li> <li>➤ Modificação das condições de escoamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de reabilitação</li> <li>➤ Intervenções de limpeza/ reposição das condições de escoamento</li> <li>➤ Reforço estrutural</li> <li>➤ Observação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verde/amarelo/laranja</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erosões regressivas a jusante da bacia de dissipação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Potencial instabilidade estrutural da bacia</li> <li>➤ Erosão do pé da barragem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Proteção da saída da bacia com enrocamento ou outro tipo de obras</li> <li>➤ Proteção do pé da barragem</li> <li>➤ Observação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Amarelo</li> </ul>
INSTRUMENTAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Inoperacionalidade e/ou funcionamento deficiente da instrumentação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ocorrência de funcionamentos anômalos do corpo da barragem e/ou fundação, associados às grandezas em observação, sem possibilidade de detecção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de reabilitação e/ou substituição da instrumentação</li> <li>➤ Reforço da atividade de inspeção de segurança</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verde/amarelo</li> </ul>
EQUIPAMENTOS HIDROMECAÑICOS DA DESCARGA DE FUNDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Inoperacionalidade e/ou funcionamento deficiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Impossibilidade de acionar a descarga de fundo para rebaixamento do reservatório em situação de emergência</li> <li>➤ Impossibilidade de impedir o esvaziamento do reservatório caso a situação ocorra com as comportas em posição de abertura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Intervenções de reabilitação e/ou substituição de componentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Amarelo</li> </ul>

Tabela 3 – Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela exploração do sistema de observação na barragem de *(denominação oficial)*

Dispositivos	Grandeza	Situação	Cenários possíveis de incidentes / acidentes	Eventuais medidas de intervenção	Nível de resposta
Piezômetros instalados na fundação	Níveis piezométricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento/diminuição importante e inesperada dos níveis piezométricos (comparar com os níveis do reservatório, se ocorrerem variações recentes e a que taxa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização da fundação</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos filtros/drenos</li> <li>➤ Erosão interna</li> <li>➤ Instabilidade global aterro-fundação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível do reservatório</li> <li>➤ Drenagem</li> <li>➤ Tratamento da fundação</li> <li>➤ Obras de reabilitação</li> <li>➤ Intensificação da observação</li> </ul>	➤ Amarelo/laranja
Piezômetros instalados no aterro	Níveis piezométricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento/decaimento importante e inesperado dos níveis piezométricos (comparar com os níveis do reservatório, se ocorrerem variações recentes e a que taxa). Níveis hidrostáticos medidos superiores aos calculados nos estudos de percolação do projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização do corpo da barragem</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos filtros/drenos</li> <li>➤ Erosão interna</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro</li> <li>➤ Instabilidade global aterro-fundação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível do reservatório</li> <li>➤ Drenagem</li> <li>➤ Obras de reabilitação (por exemplo, aterros de estabilização, obras de drenagem a jusante e obras de impermeabilização a montante)</li> <li>➤ Intensificação da observação</li> </ul>	➤ Amarelo/laranja
Marcos superficiais	Movimentos superficiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento importante dos recalques comparar com os níveis do reservatório, se ocorrerem variações recentes e a que taxa, analisar níveis piezométricos)</li> <li>➤ Recalques medidos superiores aos estimados no projeto</li> <li>➤ Incremento importante dos deslocamentos horizontais (verificar se ocorrerem alterações dos níveis do reservatório e a que taxa)</li> <li>➤ Deslocamentos horizontais medidos superiores aos estimados no projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erosão interna</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro</li> <li>➤ Instabilidade global aterro-fundação</li> <li>➤ Recalques → perda de borda livre → galgamento → erosão externa</li> <li>➤ Abatimentos → perda de borda livre → galgamento → erosão externa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível do reservatório</li> <li>➤ Obras de reabilitação (por exemplo, bermas estabilizadoras, reposição da cota da crista inicial, alteamento da crista, etc.)</li> <li>➤ Intensificação da observação</li> </ul>	➤ Amarelo/laranja

Tabela 3 (cont.) – Classificação do nível de resposta. Indicadores qualitativos detectáveis pela exploração do sistema de observação da barragem de *(denominação oficial)*

Dispositivos	Grandeza	Situação	Cenários possíveis de incidentes e/ou acidentes	Eventuais medidas de intervenção	Nível de resposta
Inclinômetros	Deslocamentos internos horizontais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento importante e inesperado dos deslocamentos horizontais internos (comparar com os níveis do reservatório, se ocorrerem variações recentes e a que taxa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deslocamentos horizontais excessivos;</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro/ instabilidade global aterro-fundação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível do reservatório;</li> <li>➤ Obras de reabilitação;</li> <li>➤ Intensificação da observação.</li> </ul>	➤ Amarelo/laranja
Placas de recalque	Deslocamentos internos verticais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento importante dos deslocamentos verticais internos (comparar com os níveis do reservatório, se ocorrerem variações recentes e a que taxa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deslocamentos verticais excessivos;</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro/ instabilidade global aterro-fundação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível do reservatório;</li> <li>➤ Obras de reabilitação;</li> <li>➤ Intensificação da observação.</li> </ul>	➤ Amarelo/laranja
Células piezométricas	Poropressões	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento/decaimento importante e inesperado das poropressões (comparar com os níveis do reservatório, se ocorrerem variações recentes e a que taxa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Poropressões excessivas;</li> <li>➤ Percolações preferenciais;</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização do corpo da barragem;</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos filtros/drenos;</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro/ instabilidade global aterro-fundação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível do reservatório</li> <li>➤ Drenagem</li> <li>➤ Obras de reabilitação (por exemplo, implementação de obras de drenagem e de proteção, etc.)</li> <li>➤ Intensificação da observação</li> </ul>	➤ Amarelo/laranja
Células de pressão total	Pressões totais	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Variação importante das pressões totais (comparar com os níveis do reservatório, se ocorrerem variações recentes e a que taxa)</li> <li>➤ Pressões totais inferiores ao peso estático das terras sobrejacentes (cerca de 50%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Transferência de tensão entre elementos de diferente rigidez;</li> <li>➤ Fraturação hidráulica;</li> <li>➤ Instabilidade do corpo do aterro/ instabilidade global aterro-fundação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível do reservatório;</li> <li>➤ Obras de reabilitação;</li> <li>➤ Intensificação da observação.</li> </ul>	➤ Amarelo/laranja
Medidores de vazão e poço de bombeamento	Vazão	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incremento importante das vazões totais (comparar com os níveis do reservatório, se ocorrerem variações recentes e a que taxa). Vazões medidas superiores às calculadas no projeto</li> <li>➤ Material fino em suspensão carregados pelas águas de percolação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização da fundação</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos elementos de impermeabilização do corpo da barragem</li> <li>➤ Funcionamento deficiente dos filtros/drenos</li> <li>➤ Colmatação de filtros e drenos</li> <li>➤ Erosão interna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rebaixamento do nível do reservatório</li> <li>➤ Drenagem</li> <li>➤ Obras de reabilitação (por exemplo, reforço dos órgãos de impermeabilização, implementação de obras de drenagem e de proteção, etc.)</li> <li>➤ Intensificação da observação</li> </ul>	➤ Amarelo/laranja

Tabela 4 – Indicadores quantitativos associados à instrumentação na barragem de *(denominação oficial)*

Situação hidrológica	Instrumentação	Nível de resposta
<p>Precipitações na estação meteorológica xxx superiores a xx mm em x horas</p> <p>Escoamento registrado na estação hidrométrica de xxx compreendido entre <math>E_{min_{verde}}</math> e <math>E_{max_{verde}}</math> (<math>m^3/s</math>)</p> <p>Nível do reservatório na barragem compreendido entre as cotas <math>Z_{min_{verde}}</math> e <math>Z_{max_{verde}}</math></p>	<p>Sismos que originam no local da barragem acelerações &lt; .... g</p> <p>Vazões drenadas inferiores a ....l/min</p> <p>Deslocamentos verticais inferiores a .... cm</p> <p>Varição do deslocamento vertical inferior a ..... mm/ano</p> <p>Deslocamento horizontal total inferior a .... mm</p> <p>Varição do deslocamento horizontal inferior a .... mm/ano</p>	<b>Verde</b>
<p>Escoamento registrado na estação hidrométrica de xxx compreendido entre <math>E_{min_{amarelo}}</math> e <math>E_{max_{amarelo}}</math> (<math>m^3/s</math>)</p> <p>Nível do reservatório na barragem compreendido entre as cotas <math>Z_{min_{amarelo}}</math> e <math>Z_{max_{amarelo}}</math></p>	<p>Sismos que originam no local da barragem acelerações entre .... e .... g</p> <p>Vazões drenadas inferiores a ....l/min</p> <p>Deslocamentos verticais inferiores a .... cm</p> <p>Varição do deslocamento vertical inferior a ..... mm/ano</p> <p>Deslocamento horizontal total inferior a .... mm</p> <p>Varição do deslocamento horizontal inferior a .... mm/ano</p>	<b>Amarelo</b>
<p>Escoamento registrado na estação hidrométrica de xxx compreendido entre <math>E_{min_{laranja}}</math> e <math>E_{max_{laranja}}</math> (<math>m^3/s</math>)</p> <p>Nível do reservatório na barragem compreendido entre as cotas <math>Z_{min_{laranja}}</math> e <math>Z_{max_{laranja}}</math></p>	<p>Sismos que originam no local da barragem acelerações entre .... e .... g</p> <p>Vazões drenadas inferiores a ....l/min</p> <p>Deslocamentos verticais inferiores a .... cm</p> <p>Varição do deslocamento vertical inferior a ..... mm/ano</p> <p>Deslocamento horizontal total inferior a .... mm</p> <p>Varição do deslocamento horizontal inferior a .... mm/ano</p>	<b>Laranja</b>
<p>Escoamento registrado na estação hidrométrica de xxx superior a <math>E_{vermelho}</math> (<math>m^3/s</math>)</p> <p>Nível do reservatório na barragem superior à cota <math>Z_{vermelho}</math></p>	<p>Sismos que originam no local da barragem acelerações superiores a ..... g</p> <p>Vazões drenadas inferiores a ....l/min</p> <p>Deslocamentos verticais inferiores a .... cm</p> <p>Varição do deslocamento vertical inferior a ..... mm/ano</p> <p>Deslocamento horizontal total inferior a .... mm</p> <p>Varição do deslocamento horizontal inferior a .... mm/ano</p>	<b>Vermelho</b>

## II.2 Ações esperadas

Após a detecção de qualquer anomalia ou ocorrência, a primeira ação a empreender pelo Coordenador do PAE é a classificação do nível de resposta. Posteriormente, consoante a classificação estabelecida, este deverá seguir as ações pré-definidas para cada nível de resposta. No caso mais simples, as ações de resposta estão concentradas no Coordenador do PAE. Desenvolver tabelas para as ações de resposta a implementar para cada nível de resposta (vide exemplos que constam das Tabelas 5 a 8). No caso de barragens com organizações mais complexas (tipicamente envolvendo equipes operacionais da barragem, de manutenção e observação e de relações públicas) devem ser desenvolvidas tabelas com as ações a empreender pelos diversos responsáveis.

Tabela 5 – Nível de resposta Verde. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE

Ação	Quando	Tipo de ação
Promove a avaliação da natureza e extensão do incidente ou ocorrência Declara manutenção do nível de resposta Verde	Após detecção da anomalia ou ocorrência	Classificação do nível de resposta
Notifica os recursos internos no sentido de manterem a normal operação mas “intensificarem o monitoramento ou a observação” Notifica Empreendedor Quando justificável, promove contato com as entidades externas com responsabilidades instituídas: - INMET, INPE e CEMADEN para informação meteorológica	Após identificar nível de resposta	Notificação interna
Intensifica o monitoramento das aflúncias ou a observação da barragem Monitora as descargas para jusante da barragem Registra todas as observações e ações Mobiliza os meios de apoio humanos, materiais e logísticos considerados necessários	Após identificar nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta	Monitoramento da situação
Implementa medidas preventivas e corretivas: - realiza descargas, no caso de cheias - controla o nível de água no reservatório de modo a evitar o deslizamento ou baixa-o de forma a minimizar os danos decorrentes, no caso de deslizamento de encostas - eventualmente promove o deslocamento de técnicos especialistas à barragem, para avaliar a natureza e extensão do incidente e propor medidas (intervenções de reforço da barragem, manutenção ou substituição de equipamento), no caso de outras ocorrências	Durante a situação de alerta	Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência
Alerta Quando aplicável, aciona o sinal de alerta de descarga dos órgãos extravasores à população na ZAS	Durante a situação de alerta	Alerta
Verifica: - i) se as medidas implementadas resultam (ou se a situação deixa de constituir ameaça), <b>declarando o encerramento da emergência e elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência</b>	Após aplicação das medidas	Reclassificação do nível de resposta

- ii) se a situação evolui para o nível de resposta Amarelo		
---	--	--

Tabela 6 – Nível de resposta Amarelo. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE

Ação	Quando	Tipo de ação
Promove a avaliação da natureza e extensão do incidente Declara nível de resposta Amarelo	Após detecção da anomalia ou ocorrência	Classificação nível de resposta
Notifica os recursos internos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- no caso de cheias ou deslizamento iminente de encostas: notificação de estado de vigilância permanente - 24 h/dia;</li> <li>- nos casos restantes: notificação no sentido de “intensificarem o monitoramento ou a observação”</li> </ul> Notifica Empreendedor Promove contato com entidades externas com responsabilidades instituídas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- INMET, INPE e CEMADEN para informação sísmica ou meteorológica</li> <li>- Entidade Fiscalizadora para informação com base no monitoramento contínuo das afluições - 24 h/dia</li> </ul>	Após identificar nível de resposta	Notificação interna e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio à gestão da emergência
Implementa o monitoramento contínuo das afluições ou a observação mais intensa da barragem Monitora as descargas para jusante da barragem e consulta o mapa de inundação do vale a jusante Registra todas as observações e ações Verifica a operacionalidade dos meios de emergência: dos sistemas de comunicação, das comportas, dos grupos de emergência, dos Sistemas de notificação e alerta Mobiliza os meios de apoio humanos, materiais e logísticos considerados necessários	Após identificar nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta	Monitoramento da situação
Implementa medidas preventivas e corretivas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- realiza descargas no caso de cheias</li> <li>- controla o nível de água no reservatório de modo a evitar o deslizamento ou baixa-o de forma a minimizar os danos decorrentes, no caso de deslizamento de encostas</li> <li>- promove a deslocação de técnicos especialistas à barragem, para avaliar a natureza e extensão do incidente e propor medidas (condicionar a operação do reservatório, intervenções de reforço da barragem, manutenção ou substituição de equipamento), no caso de outras ocorrências (sismos, falha de órgãos extravasores ou Sistemas de notificação e alerta, anomalia do comportamento estrutural, ação criminosa ou fatores de risco)</li> <li>- não aplica qualquer medida no caso de falha na instrumentação (não aplicável a este nível de resposta)</li> </ul>	Durante a situação de alerta	Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência

Tabela 6 (cont.) – Nível de resposta Amarelo. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE.

Ação	Quando	Tipo de ação
<p>Notificação entre entidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entidade Fiscalizadora e barragens a montante e a jusante</li> </ul> <p>Mantêm o contato com as entidades alertadas durante a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água no reservatório e os volumes descarregados se alterem significativamente</p> <p>Alerta:</p> <p>Quando aplicável, aciona o sinal de aviso de descarga dos órgãos extravasores para população na ZAS</p>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Notificação e Alerta</p>
<p>Verifica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i) se as medidas implementadas resultam (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação retrocede para o nível de resposta Verde (elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência)</li> <li>- ii) se a situação evolui para o nível de resposta Laranja</li> </ul>	<p>Após aplicação das medidas</p>	<p>Reclassificação do nível de resposta</p>

Tabela 7 - Nível de resposta Laranja. Exemplo de ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE

Ação	Quando	Tipo de ação
Promove a avaliação da natureza e extensão do acidente Declara nível de resposta Laranja	Após detecção da anomalia ou ocorrência	Classificação nível de resposta
Notifica os recursos internos no sentido de ficarem em estado de vigilância permanente - 24 h/dia Notifica Empreendedor Promove contato com entidades externas com responsabilidades instituídas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- INMET, INPE e CEMADEN para informação sísmica ou meteorológica</li> <li>- Entidade Fiscalizadora para informação com base no monitoramento contínuo das afluições - 24 h/dia</li> </ul>	Após identificar nível de resposta	Notificação interna dos recursos e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio à gestão da emergência
Procede à evacuação de todo o pessoal que trabalha no aproveitamento não necessário para a gestão da emergência (nomeadamente o que trabalha na central) Condiciona o acesso à zona da barragem Implementa o monitoramento contínuo das afluições ou a observação mais intensa da barragem Monitora as descargas para jusante da barragem e consulta o mapa de inundação do vale a jusante Registra todas as observações e ações Verifica a operacionalidade dos meios de emergência: dos sistemas de comunicação, das comportas, dos grupos de emergência, dos Sistemas de notificação e de alerta Mobiliza os meios de apoio humanos, materiais e logísticos considerados necessários	Após identificar nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta	Monitoramento da situação
Implementa medidas preventivas e corretivas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- procede à abertura total e simultânea de todos os órgãos extravasores e mantém descargas até ao limite máximo fisicamente possível, no caso da ocorrência de cheias ou de deslizamento de encostas</li> <li>- promove o deslocamento de técnicos especialistas à barragem para avaliar a natureza e extensão do acidente e propor medidas (condicionar a exploração ou esvaziar o reseratório, intervenções de reforço da barragem, manutenção ou substituição de equipamento), no caso de sismos, anomalia do comportamento estrutural, ação criminosa ou atos de guerra</li> <li>- não aplica qualquer medida no caso de falha dos órgãos extravasores, dos sistemas de notificação e de alerta ou da instrumentação e fatores de risco</li> </ul>	Durante a situação de alerta	Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência

Tabela 7 (cont.) – Nível de resposta Laranja. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE.

Ação	Quando	Tipo de ação
<p>Notificação entre entidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entidade Fiscalizadora e barragens a montante e a jusante</li> <li>- em âmbito municipal, as Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que acionam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo secretarias municipais de saúde, serviços de águas e esgoto)</li> <li>- em âmbito estadual, as Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC), órgãos ligados aos gabinetes dos Governadores que acionam os meios associados aos órgãos estaduais (por exemplo a polícia militar e os Corpos de bombeiros)</li> <li>- CENAD</li> </ul> <p>Mantêm o contato <i>durante</i> a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água no reservatório e os volumes descarregados se alterem significativamente</p> <p>Organiza reuniões periódicas com estas entidades para avaliação e discussão da situação, participa nos <i>briefings</i> promovidos pelos serviços de Defesa Civil e com estas coordena estratégia para disseminação de informação para a Comunicação Social e para o Público</p> <p>Alerta:</p> <p>Aciona o sinal de descarga ou de aviso para entrar em estado de “prontidão” para eventual evacuação da população na ZAS</p>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Alerta e Aviso</p>
<p>Verifica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i) se as medidas implementadas resultam (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação retrocede para o nível de resposta Amarelo (elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência)</li> <li>- ii) se a situação evolui para nível de resposta Vermelho</li> </ul>	<p>Após aplicação das medidas</p>	<p>Reclassificação do nível de resposta</p>

Tabela 8 - Nível de resposta Vermelho. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE

Ação	Quando	Tipo de ação
<p>Promove a avaliação da natureza e extensão do acidente</p> <p>Declara nível de resposta Vermelho</p>	<p>Após detecção da anomalia ou ocorrência</p>	<p>Classificação nível de resposta</p>
<p>Notifica os recursos internos de gestão da emergência no sentido que se retirem para a Sala de Emergência</p> <p>Notifica Empreendedor</p> <p>Promove contato com entidades externas com responsabilidades instituídas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- INMET, INPE e CEMADEN para informação sísmica ou meteorológica</li> <li>- Entidade Fiscalizadora para informação com base no monitoramento contínua das afluições - 24 h/dia</li> </ul>	<p>Após identificar nível de resposta</p>	<p>Notificação interna dos recursos e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio à gestão da emergência</p>
<p>Procede à evacuação de todo o pessoal que trabalha no aproveitamento a não ser o <b>estritamente fundamental</b> para a gestão da emergência</p> <p>Veda o acesso à zona da barragem</p> <p>Implementa o monitoramento contínuo das afluições ou a observação mais intensa da barragem</p> <p>Monitora as descargas para jusante da barragem e consulta o mapa de inundação do vale a jusante</p> <p>Registra todas as observações e ações</p> <p>Verifica a operacionalidade dos meios de emergência: dos sistemas de comunicação, das comportas, dos grupos de emergência, dos sistemas de notificação e de alerta</p> <p>Mobiliza os meios de apoio humanos (<b>os estritamente fundamentais</b>) bem como os recursos materiais e logísticos considerados necessários</p>	<p>Após identificar nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta</p>	<p>Monitoramento da situação</p>
<p>Implementa medidas preventivas e corretivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- procede à abertura total e simultânea de todos os órgãos extravasores e mantém descargas até ao limite máximo fisicamente possível, no caso de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cheias</li> <li>- Deslizamento de encostas</li> </ul> </li> <li>- reduz o armazenamento ou esvazia o reservatório, no caso de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sismos ou anomalia do comportamento estrutural</li> <li>- Ação criminosa ou atos de guerra</li> </ul> </li> <li>- não aplica qualquer medida no caso de (não aplicável a este nível de alerta), no caso de falha nos órgãos extravasores, nos Sistemas de notificação e de alerta e fatores de risco</li> </ul>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência</p>

Tabela 8 (cont.) – Nível de resposta Vermelho. Ações de resposta a implementar pelo Coordenador do PAE.

Ação	Quando	Tipo de ação
<p>Notificação entre entidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entidade Fiscalizadora e barragens a montante e a jusante</li> <li>- em âmbito municipal, as Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) que acionam diversos órgãos da administração pública municipal (por exemplo secretarias municipais de saúde, serviços de águas e esgoto)</li> <li>- em âmbito estadual, as Coordenadorias Estaduais de Defesa Civil (CEDEC), órgãos ligados aos gabinetes dos Governadores que acionam os meios associados aos órgãos estaduais (por exemplo a polícia militar e os Corpos de bombeiros)</li> <li>- CENAD</li> </ul> <p>Mantêm o contato <i>durante</i> a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água no reservatório e os volumes descarregados se alterem significativamente</p> <p>Organiza reuniões periódicas com estas entidades para avaliação e discussão da situação, participa nos <i>briefings</i> promovidos pelos serviços de Defesa Civil e com estas coordena estratégia para disseminação de informação para a Comunicação Social e para o Público</p> <p>Alerta:</p> <p>Aciona o sinal de evacuação da população na ZAS</p>	<p>Durante a situação de alerta</p>	<p>Alerta e Aviso</p>
<p>Verifica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i) se as medidas implementadas resultam (ou se a ocorrência deixa de constituir ameaça) e se a situação retrocede para o nível de resposta Laranja</li> <li>- ii) se ocorre a ruptura e elabora o <b>relatório de encerramento de eventos de emergência</b></li> </ul>	<p>Após aplicação das medidas</p>	<p>Reclassificação do nível de resposta</p>

## SEÇÃO III – PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA

### III.1. OBJETIVO

Neste ponto o PAE:

- define quem notifica e quem é notificado;
- identifica os nomes dos intervenientes e das organizações responsáveis no processo e os respectivos números de telefone e recursos alternativos de comunicação;
- define os meios de comunicação entre o Coordenador do PAE (responsável pelo desencadear do alerta) e as entidades a alertar;
- define os dispositivos de alerta sonoros que têm por função informar a população na ZAS da iminência ou ocorrência de um acidente na barragem.

### III.2. NOTIFICAÇÃO

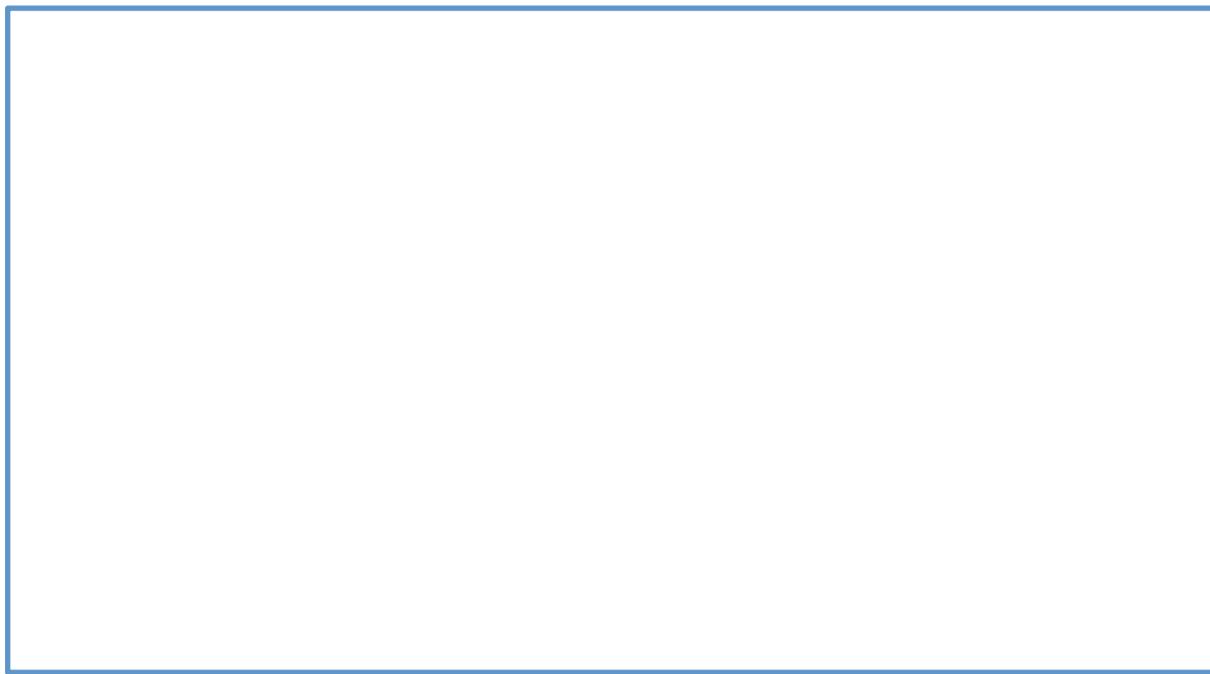
Descrever os sistemas de comunicação existentes. Por exemplo, uso de telefone fixo, telefone celular (voz e 'torpedo'), rádio, e-mail, etc.

O Anexo 3 apresenta três formulários direcionados para o PAE, nomeadamente os formulários de declaração de início e de encerramento de emergência e o de mensagem de notificação.

### III.3. SISTEMA DE ALERTA

Descrever o sistema de alerta estabelecido. Por exemplo, contatos diretos através dos telefones fixos e celulares, alarmes públicos através sirenes, etc.. Eventualmente serão necessários outros recursos extras, tais como o envio de pessoa com veículo (automotor ou aéreo – helicóptero).

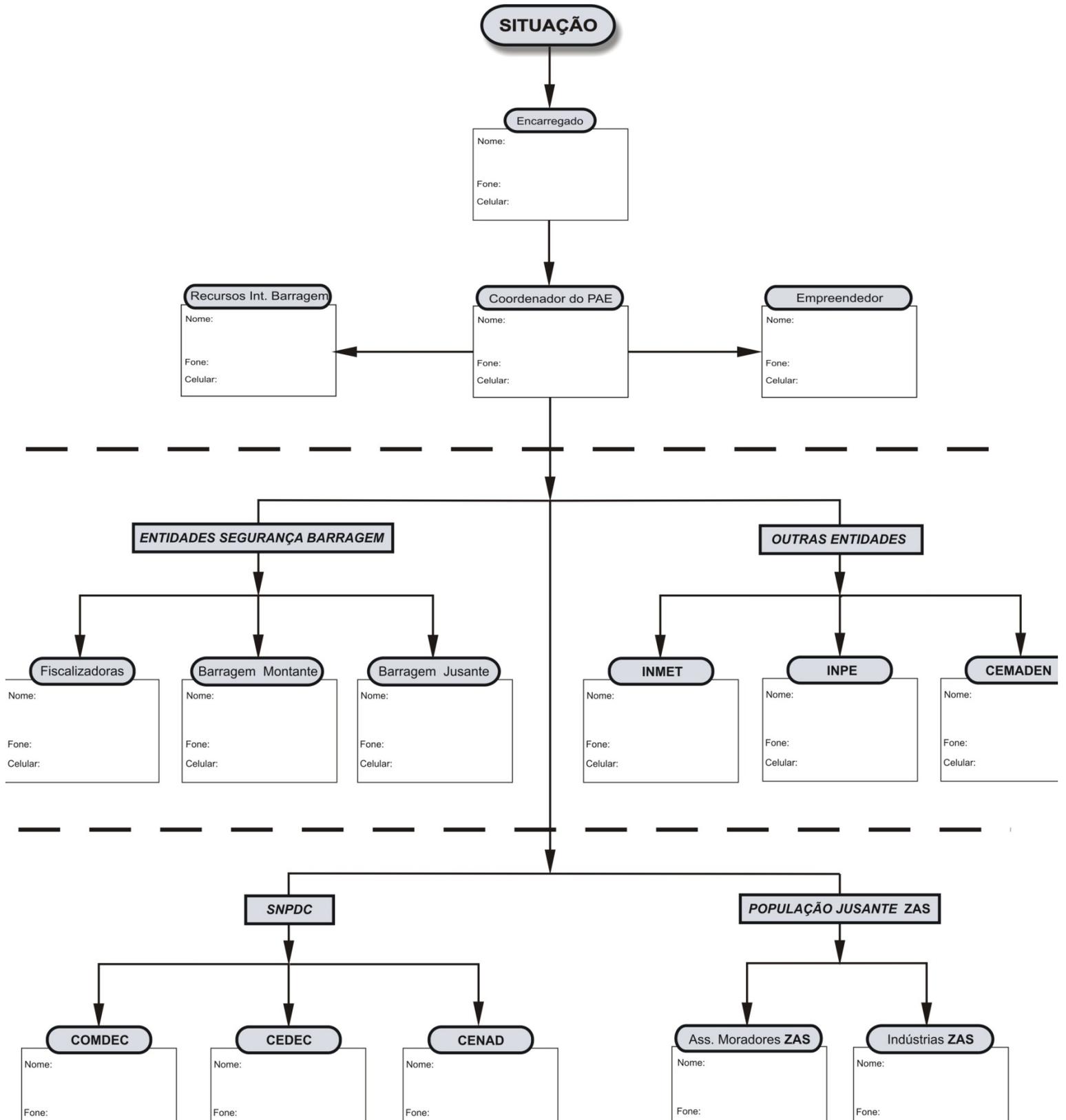
No caso de se optar pelo uso de sirenes, incluir mapa com a respectiva localização .



**Figura 7 – ZAS da barragem \_\_\_\_\_ . Localização das sirenes.**

### **III.4. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO**

Apresentar o fluxograma de notificação para cada nível de alerta contendo os contatos diretos entre os indivíduos responsáveis pela operação e segurança da barragem, incluindo Empreendedor (notificação interna), entre estes e as entidades externas com responsabilidades instituídas (Entidades Fiscalizadoras, Sistema de Proteção e Defesa Civil). Pode ainda revelar-se necessário contatar as barragens situadas a montante e a jusante e entidades externas como o INMET, o INPE e o CEMADEN.



## SEÇÃO IV– RESPONSABILIDADES GERAIS NO PAE

### IV.1. RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR

(Nome do Empreendedor) é o (a) responsável pelas ações em Segurança de Barragens de suas estruturas, devendo designar formalmente um coordenador para executar as ações descritas no PAE. É também responsável por:

- providenciar a elaboração e atualizar o PAE;
- promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
- participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com as prefeituras e organismos de defesa civil.

### IV.2. RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE

O Coordenador Responsável designado por (Nome do Empreendedor), conforme definido e registrado nos documentos deste PAE é o Sr. \_\_\_\_\_

fone ( ) / cel: ( ) . Também está(ão) registrado(s) o(s) nome(s) do(s) substituto(s): Sr. \_\_\_\_\_ fone ( ) / cel: ( ) ; e Sr. \_\_\_\_\_ fone ( ) / cel: ( ) .

O Coordenador é responsável, por delegação do Empreendedor, pelas seguintes ações:

- detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis e código de cores padrão;
- declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- alertar a população potencialmente afetada na zona de autossalvamento;
- notificar as autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- emitir declaração de encerramento da emergência;
- providenciar a elaboração do relatório de fechamento de eventos de emergência.

Em particular, o Coordenador do PAE é responsável por assegurar as quatro etapas de ações após a detecção de uma circunstância excepcional ou de uma situação anômala:

- Detecção e classificação
- Comunicação, notificação e alerta
- Ações de resposta (monitorar a situação, observar a barragem, implementar medidas preventivas e corretivas)
- Encerramento

As ações que o Coordenador do PAE deve implementar em cada etapa do PAE encontram-se resumidas graficamente pelo fluxograma que consta da Figura 9.

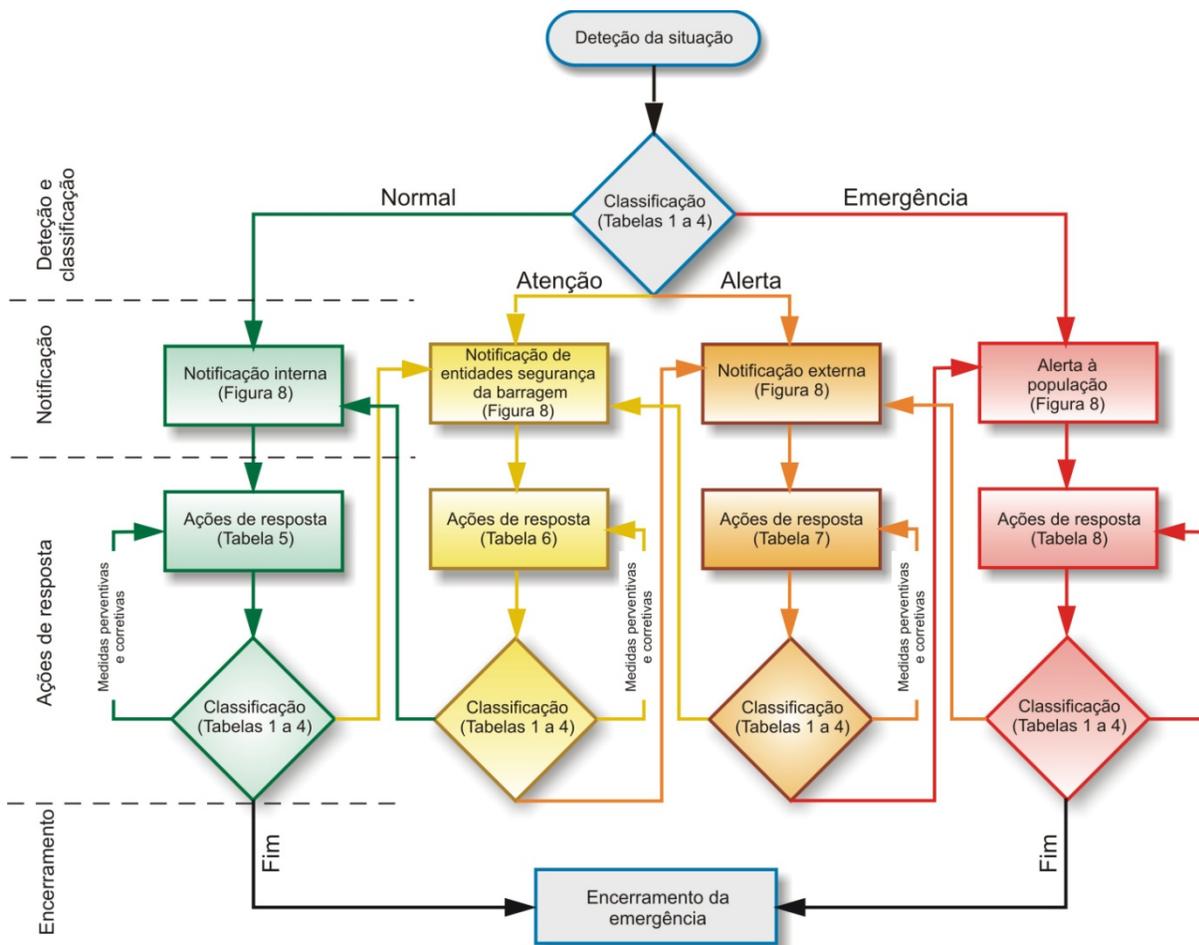


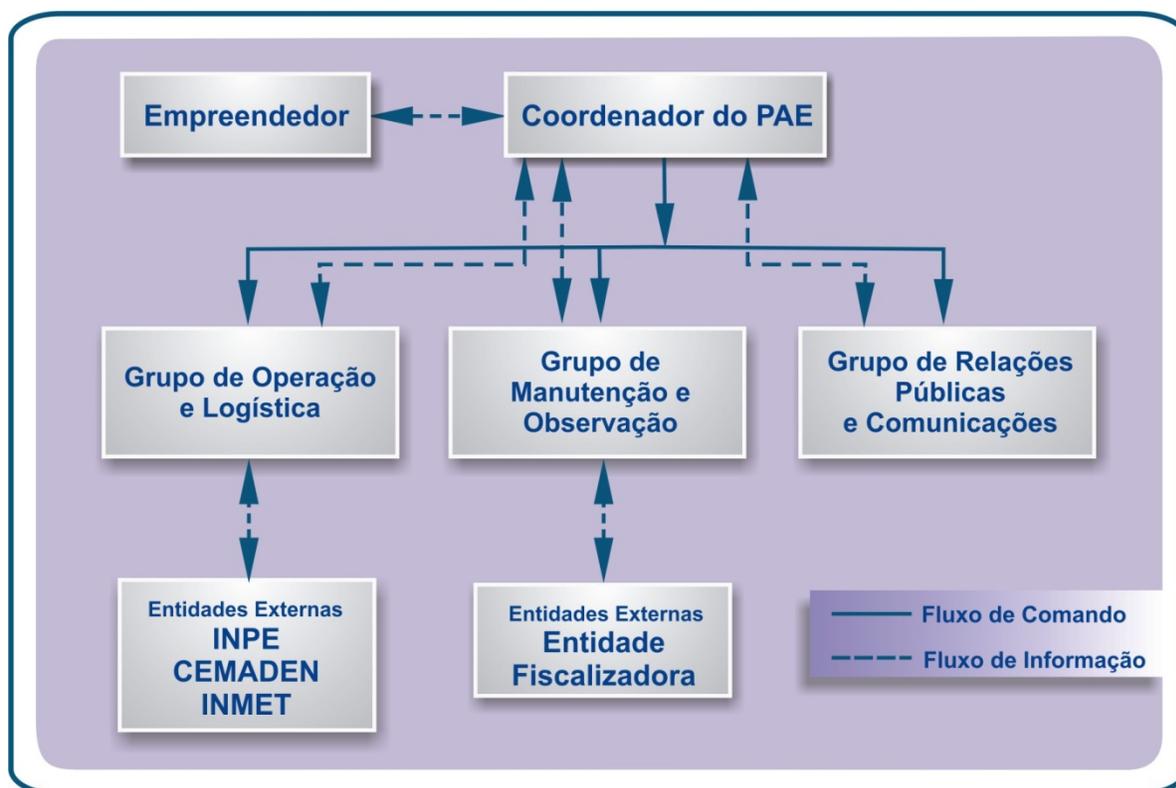
Figura 9 – Ações a implementar pelo Coordenador do PAE.

### IV.3. RESPONSABILIDADES E ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA

#### IV.3.1 INTRODUÇÃO

Desenvolver um fluxograma com a organização do empreendedor na exploração do aproveitamento.

No caso mais simples haverá na barragem como recursos humanos o Encarregado.



**Figura 10 – Organização a nível da barragem.**

#### IV.3.2 Encarregado

Descrever o papel deste responsável. O encarregado da Barragem é responsável local pela barragem. Em caráter excepcional poderá decretar os níveis verde e amarelo, além de manter informado o Coordenador do PAE das diversas situações que ocorram na barragem.

#### IV.3.3 Responsável da operação e logística

Descrever o papel deste responsável. Tipicamente as responsabilidades envolverão a chefia da equipe operacional da barragem, que deve executar as operações hidráulico-operacionais e providenciar os recursos para dar apoio às operações de emergência.

#### IV.3.4 Responsável da manutenção e observação

Descrever o papel deste responsável. Tipicamente as responsabilidades envolverão a assistência nos aspectos técnicos da barragem incluindo a avaliação na classificação do nível de resposta.

#### IV.3.5 Responsável pelas relações públicas

Descrever o papel deste responsável. Tipicamente as responsabilidades envolverão a coordenação das relações com a comunicação social e com os serviços de relações públicas de outras instituições. fornecimento de informação no domínio da hidrometeorologia, da meteorologia e da sismologia.

### IV.4. SISTEMA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL (SINPDEC)

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) – Figura 11 -, entidade que atua na redução de desastres em todo o território nacional, é o responsável pelo alerta da população fora da zona de autossalvamento e pela evacuação da mesma no vale a jusante.



**Figura 11 – Organização esquemática do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil.**

No caso da barragem de ....., os COMDEC dos Municípios de ..... (listar os municípios existentes no vale a jusante) devem alertar as populações a jusante da zona de autossalvamento da barragem.

O CEDEC do Estado de ..... deve mobilizar os seus meios e recursos (corpos de bombeiros, polícia etc.) já que tem responsabilidade na evacuação da população. Na zona de autossalvamento, as populações devem conhecer os pontos de refúgio e para eles se dirigirem de forma autônoma, pois considera-se que não há tempo para a atuação eficaz do Sistema de Proteção e Defesa Civil.

## SEÇÃO V – SÍNTESE DO ESTUDO DE RUPTURA DA BARRAGEM E MAPA DE INUNDAÇÃO

### V.1. Modelagem da cheia de ruptura

No caso da barragem....., a simulação da cheia de ruptura foi realizada por recurso a....(identificar a metodologia de modelação utilizada e as razões do seu uso). A identificação do software utilizado deve também ser expressa.

### V.2. Critérios e cenários de modelagem da cheia de ruptura

No caso da barragem....., considerou-se uma brecha com as seguintes características.... (apresentar e justificar a dimensão, geometria e tempo de ruptura). Justificar outros critérios de simulação (eventuais cheias afluentes, nível no reservatório no instante da ruptura, extensão de cálculo, etc.).

Descrever e justificar os cenários de simulação, por exemplo um cenário de acidente (cheia de projeto do vertedouro) e um cenário de ruptura propriamente dita.

Justificar a extensão do cálculo, ou seja, o critério para fixação da fronteira de jusante na modelagem da propagação da cheia de ruptura.

### V.3. Vale a jusante e identificação de pontos vulneráveis

#### V.3.1 Resultados e mapa de inundação

Apresentar os resultados do estudo de ruptura: quadros (vide exemplo Quadro 5) e o mapa de inundação.

Quadro 5 – Características da cheia de ruptura. Cenário \_\_\_\_\_

Distância a jusante (km)	Nível d'água máximo (m)	Elevação Máxima (m)	Vazão máxima (m <sup>3</sup> /s)	Tempo para vazão máxima (hh:mm)



**Figura 12 – Mapa de inundação.**

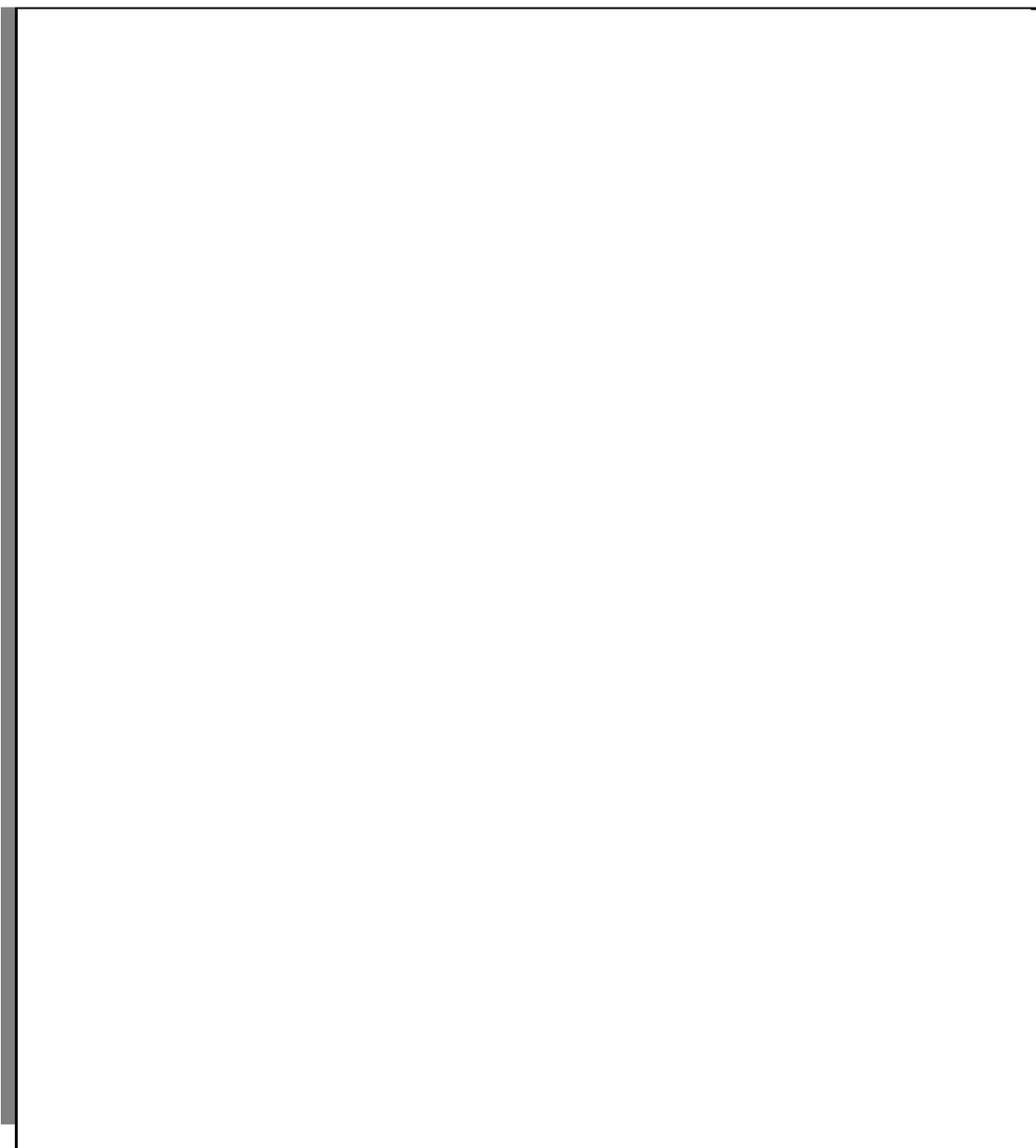
V.3.2 Caracterização do vale a jusante

Caraterizar o vale a jusante da barragem.

### V.3.3 Zona de autossalvamento e identificação de pontos vulneráveis

Apresentar o mapa da ZAS com levantamento das infraestruturas e das edificações afetadas, a localização dos refúgios e as rotas de evacuação para apoio ao autossalvamento.

Deve apresentar-se uma lista das infraestruturas e das edificações afetadas na ZAS (vide exemplos no Anexo 3).



**Figura 13 – Mapa da ZAS.**

## **VI – ANEXO 1**

### **PLANO DE TREINAMENTO DO PAE**

Este anexo está disponível para apresentação do plano de treinamento do PAE, definindo a tipologia dos exercícios sugeridos (por exemplo teste aos Sistemas de Notificação e Alerta, exercício de nível interno (“table-top exercise”) e exercício de simulação) e a respectiva periodicidade.

**VII – ANEXO 2**  
**MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS PARA SEREM UTILIZADOS EM**  
**SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA**

Apresentar uma lista de inventário com os recursos materiais mobilizáveis e renováveis necessários para efetuar a gestão de emergências numa barragem, nomeadamente para fazer face a reparos e intervenções expeditas (vide exemplos que constam do Quadro 6 e do Quadro 7).

Quadro 6 – Lista de recursos materiais renováveis da barragem \_\_\_\_\_

<b>PAE DA BARRAGEM _____</b> <b>Lista de recursos materiais renováveis</b>	
Materiais / Equipamento	Local de depósito

Quadro 7 – Lista de recursos mobilizáveis da barragem \_\_\_\_\_

<b>PAE DA BARRAGEM _____</b> <b>Lista de recursos mobilizáveis (equipamentos)</b>				
	Bens / Equipamento	Características (capacidade, tonelagem)	Local de estacionamento e / ou depósito	número
Equipamento				
Meios de transporte				
Equipamento de segurança				

**VIII – ANEXO 3**

**FORMULÁRIOS-TIPO**

**VIII.1 DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA**

**URGENTE**

**SITUAÇÃO:** \_\_\_\_\_

Empreendedor: \_\_\_\_\_

**BARRAGEM:** \_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_ (nome e cargo) \_\_\_\_\_, na condição de Coordenador do **PAE** da **Barragem** \_\_\_\_\_ e no uso das atribuições e responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **Declaração de Emergência**, na **Situação** de \_\_\_\_\_, para a **Barragem** \_\_\_\_\_ a partir das horas e minutos do dia \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_, em função da ocorrência de: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (local) \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(nome e assinatura)

\_\_\_\_\_  
(cargo e RG)

**FIM DE MENSAGEM**

**VIII.1 DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA  
URGENTE**

**SITUAÇÃO:** \_\_\_\_\_

Empreendedor: \_\_\_\_\_

**BARRAGEM:** \_\_\_\_\_

Eu, \_\_\_\_\_ (nome e cargo) \_\_\_\_\_, na condição de  
Coordenador do **PAE da Barragem** \_\_\_\_\_ e no uso das atribuições e  
responsabilidades que me foram delegadas, efetuo o registro da **Declaração Encerramento da Emergência**, na  
**Situação de** \_\_\_\_\_, para a **Barragem**  
\_\_\_\_\_ a partir das horas e minutos do dia \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_, em função  
da recuperação das condições adequadas de Segurança da Barragem e eliminação do Risco de Ruptura

OBS:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_ (local) \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(nome e assinatura) (cargo e RG)

**FIM DE MENSAGEM**

### VIII.3 MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO

Mensagem resultante da aplicação do *Plano de Ação de Emergência - PAE* da **Barragem** \_\_\_\_\_  
em \_\_ / \_\_ / \_\_.

Município: \_\_\_\_\_ Rio: \_\_\_\_\_ Bacia Hidrográfica \_\_\_\_\_

A partir das \_\_: \_\_ h de \_\_ / \_\_ / \_\_, está sendo ativado o **nível de resposta**:

Verde       Amarelo       Laranja       Vermelho

**1. Esta mensagem** mensagem está sendo enviada simultaneamente :

Empreendedor: \_\_\_\_\_

Entidade Fiscalizadora: \_\_\_\_\_

CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de \_\_\_\_\_

COMDEC – Comissão Municipal de defesa Civil de \_\_\_\_\_

Barragens a montante: \_\_\_\_\_

Barragem a jusante: \_\_\_\_\_

**2. Descrição da situação (causas, evolução)**

A causa da Declaração é (descrição mínima da situação, identificação da condição anormal, possíveis danos, risco de ruptura potencial ou real, etc.) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**3. Medidas adotadas:**

As circunstâncias ocorridas fazem com que devam se precaver e pôr em ação as recomendações e atividades delineadas em sua cópia do *Plano de Ação de Emergência - PAE* da **Barragem** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ e os respectivos Mapas de Inundação.

Esta é uma mensagem de (Declaração/Alteração) do Nível de Segurança, feita por \_\_\_\_\_, Coordenador do **PAE** da **Barragem** \_\_\_\_\_.

Favor confirmar o recebimento desta comunicação ao Sr. \_\_\_\_\_ pelo telefone número \_\_\_\_\_, e fax número \_\_\_\_\_ e/ou e-mail \_\_\_\_\_@\_\_\_\_\_.

Nós os manteremos atualizados da situação em caso de mudança do Nível de Segurança, caso ela se resolva ou se torne pior. Nova Comunicação será emitida novamente, dentro de \_\_\_\_\_ horas ou de hora em hora, para sua atualização.

Para outras informações, entre em contato com o Sr. \_\_\_\_\_ pelo telefone número \_\_\_\_\_, e fax número \_\_\_\_\_ e/ou e-mail \_\_\_\_\_@\_\_\_\_\_.

**Fim da Mensagem**

## IX – ANEXO 4

## COORDENADAS DAS ESTRUTURAS E PONTOS VULNERÁVEIS NA ZAS

Existem (especificar nº) infraestruturas e aproximadamente (especificar nº) construções (casas e edificações) no vale a jusante que poderão ser afetadas pela onda de cheia que deriva da ruptura da barragem. No Quadro 8 e no Quadro 9 apresenta-se a sua localização e principais características. As construções estão identificadas no Mapa de Inundação e os contatos estão anotados no Quadro 9.

Quadro 8 – Características das infraestruturas localizadas na ZAS da barragem \_\_\_\_\_

PAE DA BARRAGEM _____ Infraestruturas na ZAS				
Denominação	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância à Barragem (km)	Cota do tabuleiro/rasante
Ponte				
Estrada Nacional				
Caminho Municipal				

Quadro 9 – Características das edificações localizadas na ZAS da barragem de \_\_\_\_\_

PAE DA BARRAGEM _____ Edificações na ZAS								
Código	Coordenada geográfica Latitude	Coordenada geográfica Longitude	Distância barragem (km)	Identificação do residente	Nº Hab.	Município	Morada	Contato

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E CONSULTADAS

(ANA, 2011) Resolução nº 742, 17 de outubro de 2012, Agência Nacional de Águas.

(ANA, 2012) Resolução nº 91, 02 de abril de 2012, Agência Nacional de Águas.

(BOSS DAMBRK, 1991). *User's Manual*. Boss Corporation. USA.

(DOU - DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2010). Lei 12.334 de 10 de Setembro de 2010, DOU, 21 de setembro, Brasil.

(Autoridade Nacional de Proteção Civil e Instituto da Água, 2009). *Guia de orientação para elaboração de planos de emergência internos de barragens*. Autoridade Nacional de Proteção Civil. Lisboa, Portugal.

(CNRH, 2012a) Resolução nº 143, de 10 de Julho de 2012. Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

(CNRH, 2012b) Resolução nº 144, de 10 de Julho de 2012. Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

(GRAHAM, W.J., 1998). “*Estimating loss of life due to dam failure*”. Bureau of Reclamation publication, Denver, EUA.

(HARTFORD, D.N.D. and KARTHA, C.V., 1995). Dam breach inundation and consequence evaluation. How safe is your dam? Is it safe enough? An introduction to risk-based dam safety evaluation. Report nº MEP11-5. B.C. Hidro. Canada.

(ICOLD, 1994). “*Ageing of dams and appurtenant works*”. Bulletin 93.

(ICOLD, 1998). “*Dam break flood analysis. Review and recommendations*”. *Bulletin 111*.

(LNEC, 2003). *Plano de Emergência Interno da Barragem de Alqueva. Volume II – Gestão da Emergência. Plano de Acção*. Relatório LNEC nº 280/03, EDIA -Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas de Alqueva, Lisboa, Portugal.

(MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 1998). *Guía técnica para la elaboracion de los planes de emergencia de presas*. Secretaria de Estado de Aguas y Costas, Madrid, Espanha.

(OOSTHUIZEN, C., 2000). Risk-based dam safety assessment in South Africa. *Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Congress on Large Dams*. Beijing, China.

(Sá, L. e Viseu, T., 2011). *Guia para Elaboração de Exercícios relativos aos Planos de Emergência Internos de Barragens. Cadernos Técnicos PROCIV*, Autoridade Nacional de Proteção Civil, Lisboa, Portugal.

(USACE, 2002). HEC-RAS River Analysis System – User's manual. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Centre (HEC).

(USBR, 1989). Policy and procedures for dam safety modification decision-making. Department of the Interior, Denver, USA.

(USBR, 1995). *Emergency planning and exercise guidelines*. Volume I: guidance documents and Volume II: technical handbook, Technical Service Center, Department of the Interior, Denver, USA.

(VISEU, T., 2006). Segurança dos Vales a Jusante de Barragens. Metodologias para Apoio à Gestão do Risco. *Tese de doutoramento*, IST, Lisboa.