



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BARRAGEM E GESTÃO  
AMBIENTAL

ROGÉRIO EDUARDO SOUZA DE ALMEIDA DIAS

**METODOLOGIA PARA PREPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RESPOSTA A  
SIMULADOS DE EMERGÊNCIA DE BARRAGEM DE MINERAÇÃO**

Tucuruí – PA

2018

ROGÉRIO EDUARDO SOUZA DE ALMEIDA DIAS

**METODOLOGIA PARA PREPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RESPOSTA A  
SIMULADOS DE EMERGÊNCIA DE BARRAGEM DE MINERAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Segurança de Barragem e Gestão Ambiental.

Orientadora: Profa. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Pereira Gouveia

Tucuruí – PA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- D541m Dias, Rogério Eduardo Souza de Almeida  
Metodologia para preparação e avaliação de resposta a simulados de emergência de barragem de mineração / Rogério Eduardo Souza de Almeida Dias. — 2018  
140 f. : il. color
- Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental (PEBGA), Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2018.  
Orientação: Profa. Dra. Fernanda Pereira Gouveia
1. Barragem de mineração. 2. Segurança de barragem. 3. Simulado de emergência. 4. Emergência de barragem. I. Gouveia, Fernanda Pereira, *orient.* II. Título

ROGÉRIO EDUARDO SOUZA DE ALMEIDA DIAS

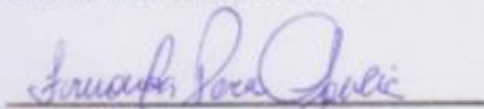
**METODOLOGIA PARA PREPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RESPOSTA A  
SIMULADOS DE EMERGÊNCIA DE BARRAGEM DE MINERAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Segurança de Barragem e Gestão Ambiental.

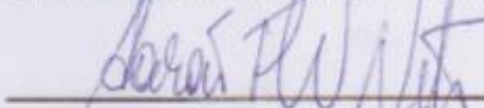
Orientadora: Profª. Drª. Fernanda Pereira Gouveia

Aprovada em 11 de Maio de 2018.

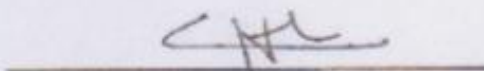
BANCA EXAMINADORA:



Drª. Fernanda Pereira Gouveia / CAMTUC - UFPA (Orientadora)



Dr. Aarão Ferreira Lima Neto / NDAE - UFPA (Examinador interno)



Ph.D. Carlos Henrique de Almeida Couto Medeiros / Ex docente UEFS (Examinador externo)

Dedicado a memória de todas as pessoas que por falta de uma preparação adequada perderam suas vidas em acidentes com barragens.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela oportunidade de avançar nos estudos em um centro de excelência como a UFPA.

A minha orientadora Profa. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Pereira Gouveia pelos ensinamentos, contribuições e por acreditar neste trabalho.

Aos colegas de trabalho que de diversas formas contribuíram para a realização desta pesquisa, em especial a Murilo Lima, Arimateia Ferreira, Rubiane Luiz, Eric Rodrigues, Cleber Roberto e Deni Otávio.

A minha família e amigos pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência em função da dedicação aos estudos.

Aos meus pequenos e amados filhos Ana Clara e Rafael por todo o carinho e diversão ao final dos longos e cansativos dias de pesquisas e estudos.

Agradecimento especial à minha esposa Natércia por seu inabalável companheirismo e por irradiar sua positividade e motivação nos momentos de maior dificuldade.

*“Ninguém pode voltar no tempo e modificar o passado,  
mas pode começar hoje a construir um novo futuro...”*

(Chico Xavier)

## RESUMO

Barragens de mineração são elementos fundamentais para o processo de beneficiamento de minerais em função da necessidade de se concentrar ou separar os componentes minerais de interesse econômico dos componentes não aproveitáveis economicamente (rejeitos de mineração). Para que ocorra o armazenamento dos rejeitos, comumente são utilizados os reservatórios de barragens construídas nos empreendimentos minerários para este fim. Com o passar do tempo, as barragens passam a acumular grandes volumes de rejeito e água se tornado passíveis de situações indesejáveis, tais como anomalias diversas e rupturas. Neste contexto, a presente pesquisa tem por objetivo apresentar uma metodologia de preparação e avaliação de resposta aos simulados de emergência de mesa (*Table Top Exercise*) e simulado de evacuação total (*Full Scale Exercise*) a partir do PAEBM da barragem de mineração da Pera Jusante, localizada no município de Parauapebas - Pará. A motivação da proposta do trabalho foi baseada em pesquisas bibliográficas que indicaram a escassez de metodologias de aplicação de simulados de emergência com barragens de mineração. A metodologia foi desenvolvida com base em três etapas, sendo a primeira a apresentação da barragem estudo de caso (incluindo a área a jusante), a segunda a execução dos simulados de emergência e a terceira a avaliação da eficácia dos simulados. A metodologia de verificação de preparação utilizou conceitos internacionais de simulação de emergências de forma gradativa e adaptado para barragens, iniciando com o exercício simulado de mesa e posteriormente realizando o exercício simulado de evacuação de campo em escala completa. Quando da etapa de execução dos simulados, foram elaboradas fichas guias para auxiliar na preparação tanto dos agentes envolvidos, quanto da população exposta à mancha de inundação. E para o registro das informações dos simulados de emergência foi proposta a utilização de fichas contendo o detalhamento das situações de emergências, as respostas previstas e demais informações para a condução dos simulados. Como resultados obtidos pode-se destacar que na etapa de execução dos simulados foi possível conhecer a capacidade de se responder a uma eventual situação de emergência na barragem estudo de caso, com resposta no ponto de vista do pesquisador bastante positiva, uma vez que atendeu a maioria dos itens previstos nos simulados, alcançando percentuais de eficácia igual a 83,33% para o simulado de mesa (*Table Top Exercise*) e 93,33% para o simulado de evacuação total (*Full Scale Exercise*). A presente pesquisa pode ser aplicada a qualquer barragem de mineração que tenha um PAEBM concebido e espera-se que venha contribuir para o aprimoramento das metodologias de preparação e resposta a emergências com barragens de mineração, sendo utilizada para aperfeiçoar o processo de mineradoras que já praticam ações similares, e sobretudo, mineradoras que ainda iniciam os trabalhos relativos à preparação e resposta a emergências tendo em vista a segurança da população a jusante.

**Palavras chave:** Barragem de mineração. Segurança de barragem. Simulado de emergência. Emergência de barragem.



## ABSTRACT

Mining dams are fundamental elements for the process of mineral processing due to the need to concentrate or separate the mineral components of economic interest from the economically unusable components (mining tailings). In order for the tailings to be stored, the reservoirs of dams built in the mining projects for this purpose are commonly used. Over time, dams accumulate large volumes of tailings and water become susceptible to undesirable situations, such as diverse anomalies and failures. In this context, the present research has the objective of presenting a methodology for the preparation and evaluation of response to the Table Top and Full Scale simulated emergency simulations from the PAEBM of the Pera Jusante mining dam, located in the municipality of Parauapebas, state of Pará. The motivation of the work proposal was based on bibliographical research that indicated the lack of methodologies for the application of emergency simulation with mining dams. The methodology was developed based on three stages, the first being the presentation of the dam case study (including the downstream area), the second the execution of the emergency simulation and the third the evaluation of the efficacy of the simulated. The preparation verification methodology used international simulation concepts of emergencies in a gradual and adapted way for dams, starting with the Table Top Exercise and then performing the simulated exercise of full scale field evacuation. During the execution phase of the simulation, guides were prepared to help prepare both the agents involved and the population exposed to the flood spot. In order to record the information of the emergency simulation, it was proposed the use of files containing the details of the emergency situations, the expected responses and other information for the conduct of the simulations. As results obtained it is possible to emphasize that in the stage of execution of the simulated it was possible to know the capacity to respond to a possible emergency situation in the dam case study, with a response from the point of view of the very positive researcher, since it met the (Table Top Exercise) and 93.33% for the Full Scale Exercise simulation. The present research can be applied to any mining dam that has a PAEBM designed and is expected to contribute to the improvement of the methodologies of preparation and response to emergencies with mining dams, being used to improve the process of mining companies that already practice similar actions, and above all, mining companies that are still starting work on emergency preparedness and response to the safety of the downstream population.

**Keywords:** Mining dam. Dam safety. Emergency simulation. Dam emergency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Métodos construtivos de barragens de rejeito, à montante ( <i>upstream</i> ), por linha central ( <i>center line</i> ) ou a jusante ( <i>downstream</i> ).....	22
Figura 2 –	Exemplo de barragem de mineração situada no Brasil rompida por galgamento em 2007.....	25
Figura 3 –	Exemplo de barragem de mineração situada na República Checa rompida por erosão interna ( <i>piping</i> ).....	27
Figura 4 –	Exemplo de dano (trincas e deslizamento do talude a jusante) causado a barragem de rejeito de mineração por terremoto ocorrido no Chile em 2010.....	28
Figura 5 –	Exemplo de movimento de massa de rejeito após liquefação induzida por terremoto ocorrido no Japão em 2011 e seta indicando posicionamento no momento da foto.....	29
Figura 6 –	Foto do vale a jusante da barragem de Kayakary (Japão) afetado pelo deslocamento do rejeito logo após a ruptura do barramento em 2011.....	29
Figura 7 –	Foto do vale a jusante da barragem de Fundão (Brasil) afetado pelo deslocamento do rejeito logo após a ruptura do barramento em 2015.....	30
Figura 8 –	Distribuição das barragens de mineração inseridas no sistema do DNPM em dezembro de 2016.....	34
Figura 9 –	Barragens com Plano de Ação de Emergência (PAE), em 31 de dezembro de 2016.....	41
Figura 10 –	Esquema de zona de autossalvamento e zona de segurança secundária.....	43
Figura 11 –	Exemplo de mapa de índice de vulnerabilidade de evacuação com base em estudo de Dam Break e projeção de onda de inundação de barragem de terra em área com população fixa a jusante.....	45
Figura 12 –	Cartões ou fichas com o cenário do exercício (à esquerda), cartões genéricos do Coordenador do simulado (meio) e os cartões de consequências ligados ao cenário (à direita).....	52
Figura 13 –	Localização do município de Parauapebas onde está situado o complexo minerador de Carajás.....	58
Figura 14 –	Vista aérea da barragem Pera Jusante.....	59
Figura 15 –	Hidrograma da cheia de ruptura da barragem estudada.....	64

Figura 16 – Mancha de inundação e profundidades da onda de inundação.....	65
Figura 17 – Máxima velocidade atingida na área a jusante da barragem.....	65
Figura 18 – Projeção da mancha de inundação e localização do ponto de encontro.....	66
Figura 19 – Participantes do PAEBM.....	68
Figura 20 – Fluxograma das etapas da metodologia da pesquisa.....	71
Figura 21 – Rotas de fuga e ponto de encontro.....	73
Figura 22 – Pontos de bloqueio de acessos à área afetada pela mancha de inundação....	74
Figura 23 – Ficha guia contendo o planejamento das fases do simulado de mesa.....	76
Figura 24 – Ficha de verificação de resposta – Simulado de mesa.....	77
Figura 25 – Ficha guia contendo o planejamento das etapas do simulado de evacuação em escala completa.....	79
Figura 26 – Ficha de verificação de resposta – Simulado de evacuação completa.....	80
Figura 27 – Ficha para verificação da eficácia – Simulado de mesa.....	81
Figura 28 – Ficha para verificação da eficácia – Simulado de evacuação completa.....	81

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 –	Percentual de eficácia do simulado de mesa por nível de emergência NE-1, NE-2 e NE-3.....	82
Tabela 2 –	Resultado da eficácia das equipes no simulado de mesa (considerando a contribuição dos três níveis de emergência).....	83
Tabela 3 –	Percentual de eficácia por área/equipe NE-1.....	85
Tabela 4 –	Percentual de eficácia por área/equipe NE-2.....	87
Tabela 5 –	Percentual de eficácia por área/equipe NE-3.....	89
Tabela 6 –	Resultado da verificação da resposta (percentual de eficácia do nível de emergência NE-3 avaliado no simulado de evacuação completa).....	91
Quadro 1 –	Legislação aplicada a barragens de mineração.....	31
Quadro 2 –	Classificação de categoria de risco e dano potencial associado a barragens de mineração.....	34
Quadro 3 –	Níveis de emergência de acordo com a Portaria 70.389/17.....	40
Quadro 4 –	Resumo dos 7 tipos de exercícios simulados baseados em Discussões e em Operações.....	48
Quadro 5 –	Fases da emergência e diferentes perspectivas de resposta.....	51
Quadro 6 –	Perguntas e instruções genéricas para iniciar e orientar a condução de cada etapa do exercício simulado de mesa ( <i>Table Top</i> ).....	52
Quadro 7 –	Principais características técnicas da barragem.....	60
Quadro 8 –	Seções do PAEBM da barragem Pera Jusante.....	61
Quadro 9 –	Situações de emergência, modos de falha e nível de emergência.....	62

**LISTA DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
APELL	Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level (Manual de alerta e preparação de comunidades para emergências locais)
CECOM	Central de Comunicação de Emergências (24 hroas)
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração Mineral
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DCE	Declaração de Condição e Estabilidade
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DPA	Dano Potencial Associado
FE	Functional Exercises (Exercícios Simulados Funcionais)
FSE	Full Scale Exercises (Exercícios Simulados em Escala Completa)
ICOLD	International Commission on Large Dams (Comissão internacional de grandes barragens)
PAEBM	Plano de Ações Emergenciais das Barragens de Mineração
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PSB	Plano de Segurança de Barragens
RAL	Relatório Anual de Lavra
RPSB	Revisão Periódica de Segurança de Barragem
SIGBM	Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração
SNISB	Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens
TR	Tempo de Retorno ou Tempo de Recorrência de chuvas
TTX	Table Top Exercises (Exercícios Simulados de Mesa)
UNEP	United Nations Environment Programme (Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas)
USEPA	United States Environmental Protection Agency
ZAS	Zona de Autossalvamento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 Justificativa.....</b>	<b>19</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO.....</b>	<b>21</b>
2.1.1 Definição e aspectos construtivos.....	21
2.1.2 Principais falhas observadas em barragens de mineração.....	23
2.1.2.1 Falhas por galgamento.....	24
2.1.2.2 Falhas por infiltração ou erosão interna ( <i>piping</i> ).....	26
2.1.2.3 Falhas por terremotos e abalos sísmicos.....	27
<b>2.2 LEGISLAÇÃO E NORMAS RELACIONADAS À SEGUANÇA DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO NO BRASIL.....</b>	<b>31</b>
2.2.1 Lei da Política Nacional de Segurança de Barragens.....	31
2.2.2 Cadastro, Plano de Segurança, PAEBM e Inspeções de Barragens de Mineração...	32
2.2.3 Portaria do CNRH para Classificação das barragens.....	35
2.2.4 Política Nacional de Defesa Civil (PNPDEC).....	36
<b>2.3 PLANO E AÇÕES EMERGENCIAIS DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO (PAEBM).....</b>	<b>38</b>
2.3.1 Aspectos gerais.....	38
2.3.2 Zona de Autossalvamento (ZAS).....	42
2.3.3 Mapa de inundação.....	44
<b>2.4 EXERCÍCIOS SIMULADOS DE EMERGÊNCIA.....</b>	<b>46</b>
2.4.1 Exercícios simulados baseados em discussões.....	49
2.4.2 Exercícios simulados baseados em discussões.....	54

<b>3 APRESENTAÇÃO DO PAEBM DA BARRAGEM ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>58</b>
<b>3.1 Características técnicas da barragem.....</b>	<b>58</b>
<b>3.2 PAEBM da barragem estudo de caso.....</b>	<b>60</b>
3.2.1 Situações de emergência.....	61
3.2.2 Hidrograma de ruptura e mancha de inundação.....	63
3.2.3 Zona de Autossalvamento.....	66
3.2.4 Participantes do PAEBM (Atores).....	67
<b>4 METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>71</b>
<b>4.1 Simulados de emergência.....</b>	<b>72</b>
4.1.1 Preparação para a execução dos simulados de emergência.....	72
4.1.2 Execução dos simulados de emergência.....	75
4.1.2.1 Simulado de mesa ( <i>Table Top</i> ).....	75
4.1.2.2 Simulado de evacuação completa ( <i>Full Scale</i> ).....	78
<b>4.2 Avaliação da eficácia dos simulados de emergência.....</b>	<b>81</b>
<b>5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>82</b>
<b>5.1 Resultados da avaliação de eficácia do simulado de mesa (<i>Table Top Exercise</i>)...</b>	<b>82</b>
<b>5.2 Resultado da avaliação de eficácia da resposta à simulação de evacuação de campo em escala completa (<i>Full Scale Exercise</i>).....</b>	<b>90</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>
APÊNDICE A – Ficha para verificação de resposta a emergência de barragem de mineração em simulado de mesa ( <i>Table Top Exercise</i> ).....	101
APÊNDICE B – Fichas guia para simulado de mesa.....	117
APÊNDICE C – Ficha modelo de verificação de resposta a emergência de barragem de mineração em simulado de evacuação de campo em escala completa ( <i>Full Scale Exercise</i> ).....	137

## 1 INTRODUÇÃO

Barragens são utilizadas para diversos usos, tais como acumulação de água, geração de energia, contenção de resíduos industriais, contenção de rejeitos de mineração, entre outros fins que viabilizam o funcionamento da sociedade moderna, e inegavelmente a mineração tem expressivas contribuições econômicas reconhecidas pela sociedade, incluindo a geração de 40 milhões de empregos diretos e 250 milhões de indiretos ao redor do mundo (NAZÁRIO, 2016; SAMMEN et al., 2017; KOSSOFF et al., 2014; ESPÓSITO & DUARTE, 2010).

Em escala local, a indústria da mineração no Brasil contribui significativamente para a geração de riqueza e desenvolvimento do país e inegavelmente promove desenvolvimento nas cidades que atua, bem como oferecem oportunidades de emprego e melhorias sociais nas regiões em que atua. As cidades com empresas de mineração apresentam IDH maior que a média dos seus respectivos Estados, principalmente pela arrecadação e aplicação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM (NAZÁRIO, 2016; ENRIQUEZ, 2007).

Independentemente do tipo de mineral extraído, as empresas de mineração que utilizam barragens de rejeito estão sujeitas a causar impactos socioambientais de grandes proporções, principalmente em áreas impróprias para a habitação, como exemplo a jusante de barragens (BAUDOIN et al., 2016; SUN et al., 2012; RICO et al., 2007).

O volume de água e rejeitos que são retidos no reservatório de barragens de mineração podem produzir uma inundação grave para propriedades e população na área a jusante se ocorrer uma liberação repentina do material armazenado. Portanto, o estudo da ruptura de barragens é considerado significativamente necessário para determinar a onda de inundação e o Plano de Ação de Emergência (PAE) associado para garantir a segurança da população a jusante (SAMMEN et al., 2017).

A falha de uma barragem de mineração ocorre quando uma barragem perde sua integridade estrutural e libera o material do reservatório que sob a força da gravidade se movimentam como uma onda de inundação que contém uma densa mistura de sólidos e líquidos, muitas vezes com resultados catastróficos (USEPA, 2014).

Historicamente, os maiores impactos socioambientais causados por mineradoras são os acidentes com rompimento de barragens de rejeito (Sun et al, 2012). A onda de inundação de uma barragem de rejeito rompida pode conter vários milhões de metros cúbicos de material que podem percorrer longas distâncias sobre o solo e cursos de água causando danos por onde passa (USEPA, 2014).



Falhas ocorridas em barragens de mineração custaram vidas e causaram danos ambientais gravíssimos com grandes volumes de rejeitos e resíduos descarregados no meio ambiente (ESPÓSITO & DUARTE, 2010).

No cenário nacional, recentemente houve o rompimento da Barragem de Fundão na cidade de Mariana-MG, considerada uma catástrofe com consequências socioambientais gravíssimas e perda de dezenove vidas (GARCIA et al., 2017). No cenário mundial, nos últimos anos há reportes conhecidos de pelo menos oito acidentes com rompimento de barragens de mineração com fatalidades múltiplas, citando (AGURTO-DETZEL et al., 2016; ARPINI, 2016; KOSSOFF et al., 2014; SUN et al., 2012; BALBI, 2008):

- 2015: Barragem de Fundão (Mariana, Minas Gerais, Brasil) – 19 mortes;
- 2014: Barragem de Herculano (Itabirito, Minas Gerais, Brasil) – 3 mortes;
- 2010: Barragem Ajka Alumina (Kolontár, Hungria) – 10 mortes;
- 2010: Barragem Zijin Mining (Guangdong Province, China) – 22 mortes;
- 2009: Barragem Karamkem (Magadan Region, Rússia) – 1 morte;
- 2009: Barragem Huayan (Hunan Province, China) – 3 mortes;
- 2008: Barragem Taoshi (Shanxi Province, China) – 281 mortes;
- 2006: Barragem Miliang (Shanxi Province, China) – 17 mortes.

Em muitos acidentes com barragens de mineração constata-se que os procedimentos de resposta a emergência da comunidade afetada, das autoridades governamentais competentes e das empresas de mineração demonstraram que não estavam totalmente preparados para evitar a perda de vidas (ESCUDEY-BUENO et al., 2016; JUDI et al., 2014; UNEP, 2001).

Não há dúvidas que a preparação da população e dos sistemas de resposta são fundamentais para a mitigação dos impactos (KHAN et al., 2015).

Inevitavelmente os desastres ocasionados por ruptura de barragens de mineração geram exposição nos meios de comunicação e alimentam a antipatia para com a mineração, entretanto, o histórico de desastres e as consequências de perda de vidas não podem impedir as comunidades de se aproximar da mineração e implantar medidas conjuntas de prevenção para emergências com barragens (UNEP, 2001).

No Brasil, a partir de 2010, com a criação da Lei Federal nº. 12.334, foram definidas, pela primeira vez, obrigações para os empreendedores de barragens (destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de

resíduos industriais) de forma a garantir que tais empreendimentos sejam gerenciados de acordo com critérios mínimos de segurança.

Para o setor de mineração foi criada pelo DNPM no ano de 2017 a Portaria nº. 70.389 que estabelece o cadastro nacional de barragens de mineração e define obrigações aos empreendedores, dentre elas a elaboração do Plano de Ações Emergenciais de Barragem de Mineração (PAEBM) para as barragens que se enquadrem nos critérios da Portaria, com a obrigatoriedade de realização de simulados de emergências nas barragens classificadas com Dano Potencial Associado (DPA) alto, ou seja, barragens com população a jusante em área de risco.

Tendo em vista as recomendações da legislação e a importância da gestão da segurança de barragens para o setor de mineração, surge a presente pesquisa voltada para o desenvolvimento de simulados de emergência, assim como a análise de sua resposta, tendo como cenário a ocorrência de onda de inundação hipotética induzida pelo rompimento de uma barragem de mineração

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Estabelecer uma metodologia para preparação e avaliação da resposta a emergência de barragem através de simulados de emergência de mesa (*Table Top*) e de evacuação completa (*Full Scale*) a partir do PAEBM da barragem de mineração da Pera Jusante, localizada no município de Parauapebas - PA.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para a presente pesquisa foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver uma metodologia de preparação, execução e avaliação de eficácia na aplicação de exercícios simulados *Table Top Exercise* (simulado de mesa) e *Full Scale Exercise* (exercício em escala completa) aplicados a barragem de mineração;
- Executar no ambiente do empreendedor da barragem o simulado de mesa tendo como estudo de caso a barragem Pera Jusante;

- Executar o exercício em escala completa, tendo como estudo de caso a barragem Pera Jusante;
- Conhecer o percentual de eficácia obtido a partir da resposta dos dois simulados de emergência aplicados na barragem de mineração Pera Jusante

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Historicamente, problemas com falhas de barragens têm sido ameaças significativas à segurança das pessoas e meio ambiente e para a continuidade dos negócios da indústria da mineração. As barragens de mineração têm sua importância aumentada ao redor do mundo em função das recentes falhas ocorridas, criando uma maior consciência na sociedade sobre o tema e, também gerando maior interesse da mídia (SUN et al., 2012).

Apesar do elemento básico em qualquer construção e operação de barragem de mineração ser a segurança a longo prazo, dados históricos apontam para a ocorrência de dois a cinco rompimentos de barragens de mineração por ano em todo o mundo, dado o número total de represamentos atuais (WIELAND, 2016).

No mundo, estima-se uma taxa de falha anual de barragens de mineração em números da ordem de oito falhas para cada grupo de dez mil barragens, enquanto para barragens de retenção de água o número é da ordem de uma falha para cada dez mil barragens (KOSSOFF et al., 2014).

Por outro lado, Peng & Zang (2013b) comentam que a onda de inundação induzida por um evento de rompimento de barragem de rejeito de mineração tem maior impacto de perda de vidas da população mais próxima do barramento e no espaço de tempo correspondente às primeiras horas após o rompimento. E ainda, os métodos utilizados para responder a eventos de rompimento de barragens se mostram insuficientes para evitar a ocorrência de vítimas fatais na população à jusante.

O princípio da gestão de emergência é assumir que controles e pessoas podem falhar e em alguns momentos, embora os riscos sejam conhecidos, os grandes acidentes em mineração indicam que os controles nem sempre foram efetivamente implementados e por vezes, as equipes operacionais e população exposta possuíam pouca ou nenhuma informação sobre os controles utilizados (DIAS et al., 2017).

A Barragem da Pera Jusante está adequada à lei federal de segurança de barragem (Lei 12.334/2010) e possui plano de ação emergencial, PAEBM, conforme as normas definidas

pelo órgão fiscalizador (Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM). Todavia, o cumprimento das leis e normas carece de elaboração de modelos práticos para a preparação de população e respectivos padrões para teste de eficácia desta preparação.

Pelo aspecto jurídico tem-se a obrigatoriedade do cumprimento da legislação federal, vigente a partir de 2010, a Lei Federal nº. 12334/2010 que estabelece basicamente a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. A referente normativa acaba por impulsionar uma mudança de comportamento dos empreendedores frente às questões da segurança de barragem, uma vez que os mesmos passam a ser responsáveis legalmente, cabendo-lhes o desenvolvimento de ações para garantir a segurança da barragem.

Com a lei federal promulgada, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) aprova a Portaria nº. 70.389/ 2017 que estabelece o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração, o conteúdo do Plano de Segurança da Barragem, as Inspeções de Segurança Regular e Especial, Revisão Periódica e o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM).

A normativa do DNPM supracitada exige que barragens com DPA alto apresentem o PAEBM, sendo que no caso da barragem Pera Jusante, a mesma se enquadra nesta condição.

A Portaria também indica no art.34, inciso IV que cabe ao empreendedor da barragem, apoiar e participar de simulados de emergência, realizados em conjunto com as prefeituras, organismos de defesa civil, equipe de segurança de barragem, demais empregados do empreendimento e a população compreendida na chamada Zona de Autossalvamento (ZAS).

Desta forma, cria-se a motivação do desenvolvimento da pesquisa que objetiva implementar dois exercícios simulados de emergência na barragem estudo de caso, a partir de uma metodologia inédita proposta pelo autor que contempla as fases de preparação da população afetada, execução dos simulados e avaliação da eficácia dos mesmos.

Outra constatação que motiva o presente trabalho trata-se da escassez de pesquisas que abordem a problemática relacionada aos riscos e às emergências com barragens, o que pôde ser verificado na revisão de literaturas nacional e internacional. Os artigos científicos até abordam o referido tema, entretanto, o que se observa é que os pesquisadores se limitam a modelos teóricos, sem que haja a realização efetiva de simulações de evacuação de áreas afetadas.

Vale ressaltar ainda, que práticas atuais de gerenciamento de emergências com barragens de mineração apresentam limitações e lacunas na padronização de modelos para preparação, simulação e principalmente na avaliação de campo da eficácia da resposta.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO

#### 2.1.1 Definição e aspectos construtivos

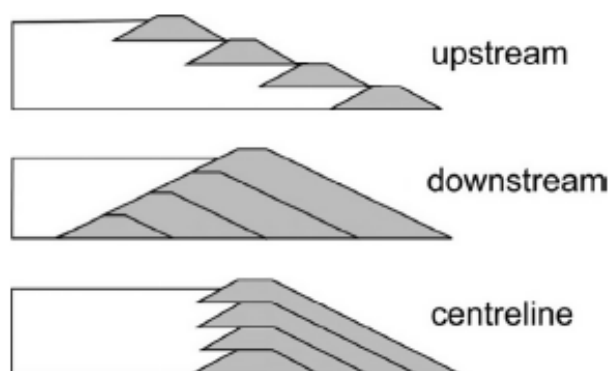
De acordo com o DNPM (2017) barragens de mineração são barramentos, diques, cavas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, construídos em cota superior à da topografia original do terreno, utilizadas em caráter temporário ou definitivo para fins de contenção, acumulação, decantação ou descarga de rejeitos de mineração ou de sedimentos provenientes de atividades de mineração com ou sem captação de água associada, compreendendo estrutura do barramento e suas estruturas associadas, excluindo-se deste conceito as barragens de contenção de resíduos industriais.

A ABNT NBR 13028:2017 (Mineração – elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água) apresenta em seu texto, definição semelhante acerca do termo barragem de mineração, trazendo ainda, o conceito de barragens para disposição de rejeitos; estruturas utilizadas para reter, de forma planejada, projetada e controlada volumes de rejeitos advindos do processo de beneficiamento de minério.

Os rejeitos, por sua vez, descartados do processo de beneficiamento do minério são encaminhados para o reservatório das barragens por um canal ou tubulações com grande volume de água e estão normalmente na forma de polpa (ICOLD, 2001).

Em relação ao aspecto construtivo, ANCOLD (1999) explica que as barragens de rejeito são construídas para uma determinada demanda e posteriormente são ampliadas à medida que aumenta a demanda de armazenamento, ou seja, depois de construída a estrutura inicial, os barramentos são levantados por três métodos: a montante (*upstream*), por linha central (*center line*) ou a jusante (*downstream*), de acordo com esquema apresentado na Figura 1.

**Figura 1 – Métodos construtivos de barragens de rejeito, à montante (*upstream*), por linha central (*center line*) ou a jusante (*downstream*).**



**Fonte: Kossoff et al. (2014).**

A elevação do barramento à montante é realizada através da colocação do material dentro do reservatório existente, a elevação de linha central é conseguida colocando novo material diretamente sobre o aterro existente, enquanto que a elevação à jusante ocorre com a colocação de novo material fora do reservatório. Por não necessitar de novo material, o alteamento a montante é o método mais econômico (KOSSOFF et al., 2014).

As barragens construídas pelo método de linha central e jusante são mais seguras do que as construídas pelo método a montante, particularmente em regiões sujeitas a tremores de terra (ICOLD, 2001).

SAMPAIO, 2016; KOSSOFF et al., (2014) complementam que as barragens de rejeito são geralmente construídas a partir de materiais disponíveis no local, e por uma lógica econômica de redução de custos, muitas vezes leva ao uso de materiais de qualidade inferior, e embora o dique inicial seja comumente feito controladamente com solos do local, o método mais econômico e muito utilizado para alteamento a montante utiliza o próprio rejeito para constituir o barramento

Na construção ou alteamento do barramento com o método a montante, as partículas mais grossas se estabelecem mais perto da crista e formam a “praia” suavemente inclinada, enquanto as partículas mais finas são levadas para a área de lagoa onde se estabelecem (ICOLD, 2001). Villavicencio et al. (2014), ressaltam que o método de alteamento a montante é o mais econômico, porém é o mais suscetível a falhas.

De acordo com ICOLD (2001) o material na sua forma úmida não é adequado para a construção de barramentos. A água deve ser removida da massa que suas partículas mais grosseiras possam ser utilizadas na construção (alteamento) de barramentos pelo método a

montante. Ainda, de forma geral, devem ser tomadas medidas para assegurar que durante a construção de barragens a montante, o sistema de drenagem seja adequado e eficiente.

Os projetos de barragens de mineração têm como base os requisitos de segurança mínimos definidos na norma ABNT NBR 13.028:2017 e devem ser elaborados dentro dos critérios de segurança normativos buscando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, de forma a minimizar os impactos sociais e ambientais em todo o ciclo de vida da barragem.

Para a segurança na construção, operação e desativação de barragens de mineração são requeridos, minimamente, seis estudos prévios: a) estudo locacional; b) estudo hidrológico e hidráulico; c) estudo da geologia regional e local; d) estudo das fundações; e) estudo dos materiais de construção; e f) estudos sedimentológicos. Para a segurança da operação das barragens de rejeito, os instrumentos de controle e monitoramento são obrigatórios para controle de vazões de drenagem interna (superfície freática ou níveis de água no interior do maciço da barragem e de suas fundações). Para o monitoramento adequado destes instrumentos devem ser definidos na fase de projeto os níveis máximos de tolerância (ABNT NBR 13028:2017).

O desafio para as mineradoras é projetar, construir, operar e desativar barragens de rejeito de tal forma que elas permaneçam seguras e estáveis durante todo o ciclo de vida da barragem, bem como causando o menor impacto possível ao meio ambiente (UNEP & ICME, 1998).

### **2.1.2 Principais falhas observadas em barragens de mineração**

De acordo com SUN et al. (2012) as barragens de rejeito de mineração estão suscetíveis a falhas que podem levar à ruptura do barramento. A maioria dos colapsos e rupturas de barragens de rejeito de mineração é ocasionada, principalmente por quatro fatores: a) galgamento, b) infiltração interna (*piping*), c) terremotos (ou abalos sísmicos) e com menos representatividade, a instabilidade de taludes e fundações (VILLAVICENCIO et al., 2014).

Kossov et al. (2014) já mencionam que a grande maioria dos eventos de ruptura de barragens são associadas várias causas atuando simultaneamente, mas estatisticamente, o fator contribuinte de maior incidência está relacionado a eventos meteorológicos extremos (chuvas) que são causa principal de 25% das rupturas de barragens no mundo.

De acordo com Kossoff et al. (2014), a taxa atual de rompimento de barragens de rejeitos está estimada em 1 evento para cada 1.250 barragens por ano (ou 8 para cada grupo de 10.000). Esta taxa é significativamente maior do que a taxa para barragens de hidroelétricas e armazenamento de água, que é da ordem de uma falha para 10.000 barragens por ano.

As consequências de rompimentos de barragens de rejeito de mineração são de grande magnitude para o meio ambiente, uma vez que a descarga de rejeitos nos sistemas fluviais afeta a qualidade da água, a vida aquática e a vida humana a centenas de quilômetros a jusante (MARTINHO et al., 2016; NEVES et al., 2016).

Os impactos econômicos associados ao rompimento de barragens de rejeito de mineração estão ligados diretamente à interrupção de negócios (tempo de inatividade das operações de mineração), indenizações, multas atribuídas por entidades governamentais e valores gastos com recuperação de áreas degradadas a jusante (SUN et al., 2012).

A integridade das barragens de rejeito depende da correta concepção do projeto e da manutenção. A maioria das falhas é precedida por sinais de alerta, exceto quando provocado por terremotos ou tempestades anormais (WIELAND, 2016). É essencial para a gestão eficaz de barragens a implementação de bons programas de manutenção e monitoramento.

O entendimento dos modos de falhas torna-se importante, uma vez que para trabalhar o desenvolvimento dos simulados de emergência, objetivo desta pesquisa, seleciona-se o modo de falha, contemplado os três níveis de emergência (NE-1, NE-2 e NE-3); os quais se caracterizam desde uma anomalia controlável até uma situação de ruptura do barramento. Estas informações devem constar no PAE do empreendimento.

A seguir serão apresentados três modos de falhas de maior ocorrência em acidentes com barragens de rejeito de mineração.

#### *2.1.2.1 Falhas por galgamento*

O galgamento normalmente ocorre quando um evento de precipitação extrema ou operação mal controlada de uma barragem ocasionam uma elevação do volume do reservatório e resultam em redução da borda livre até que a água com rejeito transborde ou ultrapasse a crista do barramento (VILLAVICENCIO et al., 2014).

As precipitações intensas têm potencial de elevar sobremaneira o nível de água no reservatório (AGURTO-DETZEL et al., 2016). Neste caso, a redução da borda livre em



relação a crista do barramento propicia a ocorrência do galgamento, que por consequência causa uma superfície de deslizamento e pode levar ao colapso progressivo do barramento (VILLAVICENCIO et al., 2014).

Em alguns casos, a sobrecarga provocada pelo galgamento causa um deslizamento geral da parte a jusante do aterro da barragem, em seguida, uma abertura inicial bastante grande. Mas na maioria dos casos, a abertura inicial resultante do galgamento é relativamente estreita, e pode ou não alargar de acordo com a secção transversal e as características dos materiais. Para uma mesma barragem e o mesmo plano inicial de quebra, o fluxo de ruptura é maior para galgamento do que para outros modos de falha devido ao maior nível de água e ao fluxo de chegada (ICOLD, 2011).

No Brasil, a maioria das causas de falha de barragens está associada ao galgamento, conforme apresentado na Figura 2, e estas ocorrências predominam durante o período chuvoso resultante de condições meteorológicas de baixa probabilidade, que ocorre principalmente por falha de projeto e subdimensionamento do vertedouro (ICOLD, 2011).

**Figura 2 – Exemplo de barragem de mineração situada no Brasil rompida por galgamento em 2007.**



**Fonte: ICOLD (2011).**

Outra hipótese que vem sendo pesquisada é o agravamento dos eventos de chuvas extremas em função das mudanças climáticas, que tem interferência direta no cenário de falha de barragens por galgamento, uma vez que as precipitações máximas estão mais frequentes e mais intensas ao longo dos anos (KIM et al., 2017).

Recentemente, estão ocorrendo mais falhas de barragens menores por galgamento, e essa maior incidência coincidiu com o aumento das chuvas e inundações induzidas pela mudança climática e, conseqüentemente, uma série de falhas de barragens em todo o mundo

estão provocando sérias preocupações quanto à segurança da barragem dimensionadas décadas atrás (PISANIELLO & TINGEY-HOLYOAK, 2016).

Desta forma, os extravasores das barragens dimensionadas décadas atrás estão sujeitos a tornarem-se insuficientes para os eventos extremos aparentemente agravados pelas mudanças climáticas (KIM et al., 2017).

#### 2.1.2.2 Falhas por infiltração ou erosão interna (*piping*)

A infiltração interna também é chamada de erosão interna e apresenta características de desenvolvimento de um dano interno no barramento similar a um tubo no núcleo da barragem que causa um processo erosivo e conseqüente carreamento de solo juntamente com a passagem da água do reservatório, gerando uma descontinuidade no barramento. Através dos vazios criados por este processo erosivo a água do reservatório é liberada e à medida que o processo erosivo vai progredindo e aumentando de tamanho o risco para a barragem também aumenta, podendo levar até a ruptura do barramento (MELO, 2014).

A infiltração interna não controlada ou em larga escala através do barramento é um processo de erosão que resulta em um canal ou tubo de líquido conhecida e sua ocorrência pode comprometer a estabilidade do barramento e levar a barragem a um colapso (KOSSOFF et al., 2014).

Segundo estatísticas de ruptura de barragens, o *piping* é um fenômeno progressivo e gradual mais danoso para a segurança das barragens do que a ocorrência de deformações e trincas nas estruturas, representando uma das principais causas de ruptura de barragens. A infiltração interna se torna perigosa a medida que a vazão de água passante pelo maciço aumenta e principalmente quando existe o carreamento de sólidos finos dos materiais argilosos (MELO, 2014).

A infiltração interna ocorre devido à infiltração não controlada através do aterro, através da fundação ou em uma transição entre o aterro (ou fundação) e uma estrutura rígida como, por exemplo, o vertedouro, conforme apresentado na Figura 3 (ICOLD, 2011).

**Figura 3 – Exemplo de barragem de mineração situada na República Checa rompida por erosão interna (*piping*).**



**Fonte: ICOLD (2011).**

A infiltração ou erosão interna (*piping*) em barragens de terra e suas fundações são a segunda causa de falhas em barragens. O potencial de ocorrência de *piping* está diretamente relacionado à falhas de projeto e execução das fundações e do barramento, que em projetos mais antigos não eram previstos filtros internos, aumentando o risco deste fenômeno ocorrer (ICOLD, 2011).

A prevenção ao *piping* ocorre com a drenagem adequada da barragem e o controle e manutenção da superfície freática o mais baixa possível. Também é conveniente criar uma larga praia de rejeitos próxima ao barramento (KOSSOFF et al., 2014).

#### 2.1.2.3 Falhas por terremotos e abalos sísmicos

Os riscos sísmicos podem causar agitação do solo, movimento e esforços que comprometam a integridade do barramento, e também tem outro aspecto relevante nos efeitos causados pelos sismos que está ligado ao movimento de massa no reservatório, que criam ondas de impulso que podem sobrepor a crista da barragem e ocasionar o galgamento com consequente progressão de ruptura de barragens de aterro compactado (WIELAND, 2016).

Os terremotos (ou abalos sísmicos) representam uma ameaça significativa para barragens de rejeitos e podem causar danos significativos inclusive levar o barramento a ruptura. É recomendado que após tremores as estruturas das barragens sejam imediatamente inspecionadas (LAMONTAGNE & DASCAL, 2006).

Os abalos sísmicos ou terremotos provocam danos às estruturas de barragens, tendo como exemplo o terremoto de Wenchuan que em 2008 provocou danos em 257 barragens na província de Sichuan, China, que possui um número relativamente grande de barragens ao longo de áreas suscetíveis a abalos sísmicos (SHI et al., 2015).

Os terremotos podem causar diversos danos às barragens de rejeito de mineração, desde trincas e deformações até a liquefação do rejeito utilizado na construção do barramento (VILLAVICENCIO et al., 2014). A Figura 4 apresenta uma ilustração de danos causados por terremoto na barragem de rejeito de mineração localizada no Chile.

**Figura 4 – Exemplo de dano (trincas e deslizamento do talude a jusante) causado a barragem de rejeito de mineração por terremoto ocorrido no Chile em 2010.**



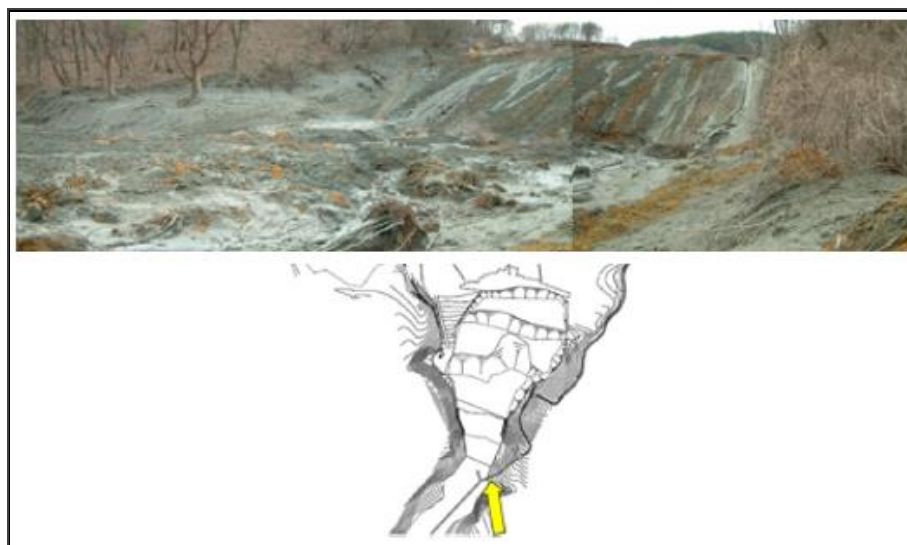
**Fonte: Villaviceuncio et al. (2014).**

Em 2011 ocorreu no Japão um terremoto que também causou a liquefação do rejeito utilizado na construção da barragem de rejeito de mineração de Kayakary (mina de Ohya), que ao romper, liberou o rejeito no vale a jusante (Figura 5) e causou danos materiais e ambientais (Figura 6), se a ocorrência de vítimas (ISHIHARA et al., 2015).

A liquefação do rejeito é uma das causas mais comuns de falhas em barragens, principalmente com o método construtivo de alteamento a montante que propenso à liquefação sísmica devido a vibrações causadas por abalos sísmicos (WIELAND, 2016).

AGURTO-DETZEL et al. (2016) complementam que o método construtivo de barragem de rejeito com alteamento a montante é muito popular em todo o mundo e amplamente utilizado no Brasil, mas seu desempenho é reconhecidamente ruim em regiões sísmicamente ativas. Em países sujeitos a terremotos como o Chile e Peru, o uso deste método é proibido por lei desde a década de 90.

**Figura 5 – Exemplo de movimento de massa de rejeito após liquefação induzida por terremoto ocorrido no Japão em 2011 e seta indicando posicionamento no momento da foto.**



**Fonte: Ishihara et al. (2015).**

**Figura 6 – Foto do vale a jusante da barragem de Kayakary (Japão) afetado pelo deslocamento do rejeito logo após a ruptura do barramento em 2011.**



**Fonte: Ishihara et al. (2015).**

No Brasil, pode ser citado o caso da barragem de Fundão – MG, em 2015, no qual menos de duas horas antes da ruptura dois terremotos foram sentidos na área da mina, levando o pessoal da mina a entrar em contato com o Centro de Sismologia da Universidade de São Paulo, que ao examinar os registros identificou dois pequenos terremotos localizados dentro da área da mina, ocorrendo por volta de 14 horas (horário local) e um outro pequeno terremoto próximo ao horário da ruptura da barragem (AGURTO-DETZEL et al., 2016).

Segundo Fernandes et al. (2016), foram liberados entre 55 e 62 milhões de metros cúbicos de água e rejeitos de mineração no vale a jusante (figura 7).

**Figura 7 – Foto do vale a jusante da barragem de Fundão (Brasil) afetado pelo deslocamento do rejeito logo após a ruptura do barramento em 2015.**



**Fonte: Arpini (2016).**

O evento de ruptura da barragem provocou a inundação do vilarejo de Bento Rodrigues situado a aproximadamente 5 km a jusante da barragem, causando 19 mortes e deixando uma pessoa desaparecida (MARTINHO et al., 2016). O fluxo de lama (mistura de água e rejeito) percorreu aproximadamente 663 km de curso fluvial através do Rio Doce e atingiu a costa atlântica causando severos danos ambientais por todo o trajeto percorrido, e é considerado o pior acidente da mineração brasileira (FERNADNES et al., 2016; NEVES et al., 2016).

Os mesmos autores não afirmam que os pequenos terremotos possam ser associados à ruptura da barragem, mas destacam que a proximidade “espaço e tempo” dos eventos e a ruptura da barragem, considerando a intensidade relatada pelo pessoal da mina e a profundidade superficial, sugerem que o tremor do solo possa ter contribuído para o colapso da barragem.

## 2.2 LEGISLAÇÃO E NORMAS RELACIONADAS À SEGURANÇA DE BARRAGEM DE MINERAÇÃO NO BRASIL

A regulamentação de segurança de barragens, conforme estabelecido na Lei nº. 12.334/2010 - Política Nacional de Segurança de Barragens e resoluções complementares, emanadas do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), tem por finalidade, estabelecer diretrizes para que sejam garantidos os meios necessários à sua segurança dos empreendimentos.

Neste cenário tem-se a atuação dos órgãos fiscalizadores estaduais e federais (ANEEL, DNPM, IBAMA, ANA e etc), os quais devem prestar informações à ANA, sendo esta responsável por elaborar o Relatório Anual de Segurança de Barragens - RASB e por gerenciar o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens - SNISB, cuja inserção dos dados está sob a responsabilidade de cada entidade ou órgão fiscalizador.

O Quadro 1 apresenta uma síntese das legislações e normas que norteiam aspectos relacionados à área de segurança de barragens de mineração.

**Quadro 1 – Legislação aplicada a barragens de mineração.**

<b>LEGISLAÇÃO</b>	<b>ANO</b>	<b>TEMA</b>
Lei Federal nº 12.334	2010	Política Nacional de Segurança de Barragens
Portaria CNRH nº143	2012	Classificação das barragens
Lei Federal nº 12.608	2012	Política Nacional de Defesa Civil (PNPDEC)
Portaria DNPM nº 70.389	2017	Cadastro, Plano de Segurança, PAEBM e Inspeções de Barragens de Mineração

**Fonte: Autor.**

### 2.2.1 Lei da Política Nacional de Segurança de Barragens

A Lei 12.334, de 20 de setembro de 2010 estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destinadas a quaisquer usos e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Os objetivos da PNSB de forma geral buscam estabelecer padrões de segurança para reduzir a possibilidade de acidentes com barragens,

fomentar a cultura de monitoramento e gestão de riscos de barragens e criar mecanismos de controle de barragens pelo poder público através do SNISB.

Os fundamentos da PNSB consideram a gestão da segurança da barragem em todo o ciclo de vida (planejamento, projeto, construção, operação, desativação e usos futuros). Este fundamento com explícita preocupação com a fase de desativação da barragem está alinhado com as estatísticas de Kossoff et al. (2014) que reportam que aproximadamente 15% dos acidentes no mundo são de barragens desativadas.

A PNSB preconiza a participação e controle social de barragens e estabelece que a população deve ser informada e estimulada a participar, direta ou indiretamente, das ações preventivas e emergenciais. Silva (2012) corrobora com a estrutura proposta pela PNSB, a qual busca envolver a sociedade, governo e empreendedor na gestão de barragens brasileira. Para o autor, o envolvimento de todos os atores é essencial para o desenvolvimento da cultura de gestão de segurança de barragens.

Segundo a Lei, barragem é qualquer estrutura em 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 estruturas associadas. Ainda define que segurança de barragem é a condição que vise manter sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, saúde, da propriedade e do meio ambiente.

Enquadram-se na Lei e PNSB as barragens que apresentem pelo menos uma das quatro seguintes características:

- a) Altura do maciço maior ou igual a 15 metros (contada do ponto mais baixo da fundação à crista);
- b) Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3 milhões de m<sup>3</sup>;
- c) Reservatório que contenha resíduos perigosos (conforme normas técnicas aplicáveis);
- d) Categoria de dano potencial associado (DPA) médio ou alto, conforme definido por DNPM (2017).

### **2.2.2 Cadastro, Plano de Segurança, PAEBM e Inspeções de Barragens de Mineração**

A Portaria DNPM n.º. 70.389, de 17 de maio de 2017 foi estabelecida para cumprir o artigo 8º, 9º, 10º 11º e 12º da Lei 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a PNSB. A Portaria cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de



Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do PSB, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração.

A Publicação da Portaria representou o resultado de consulta pública realizada pelo DNPM que, após inúmeras discussões e contribuições, foi finalizada e representou um aprimoramento das Portarias 426 (DNPM, 2012) e 523 (DNPM, 2013) que foram revogadas e tiveram seu conteúdo revisado e estruturado em moldes mais claros e objetivos na nova Portaria 70.389 (DNPM, 2017).

A normativa entrou em vigor em 19 de maio de 2017 e a partir desta data estabeleceu prazos para que a primeira revisão periódica de segurança das barragens fosse elaborada em até 6 meses para barragens com DPA alto, 12 meses para barragens com DPA médio e 18 meses para barragens com DPA baixo.

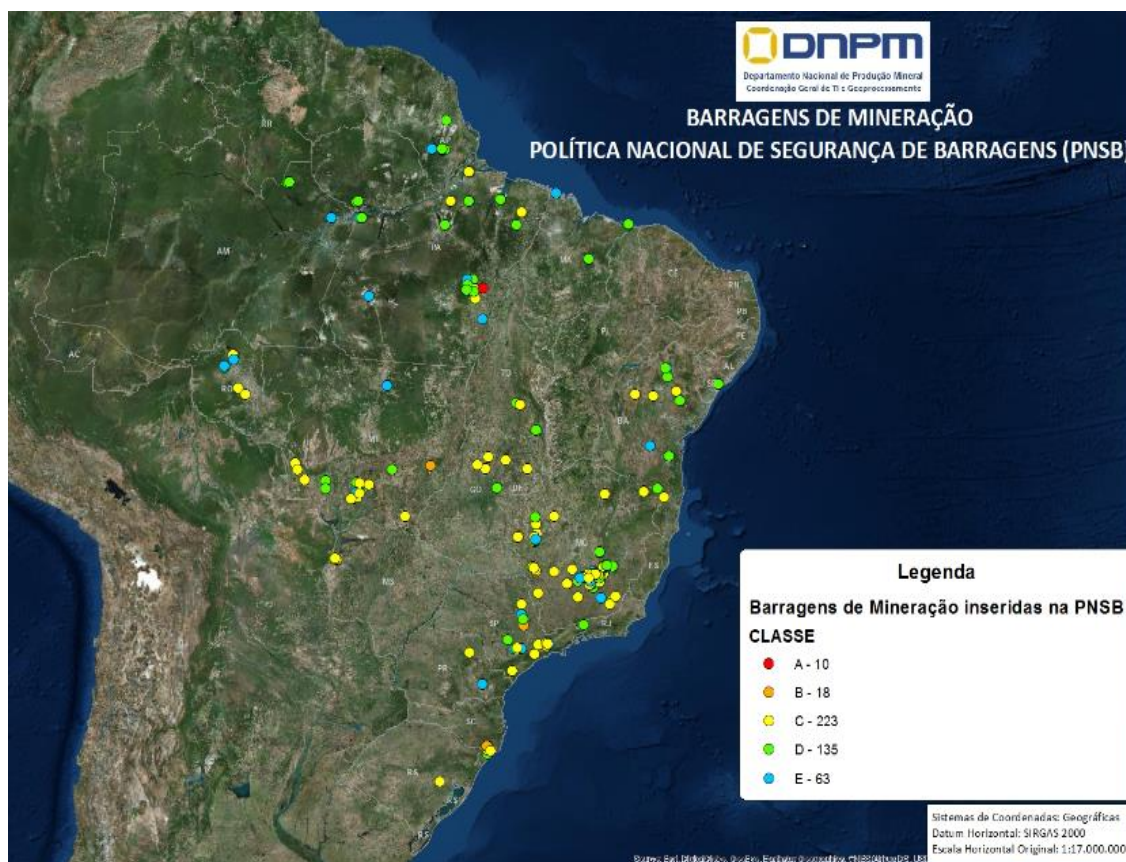
A sistemática estabelecida para o cadastramento de barragens define que o empreendedor deve cadastrar todas as barragens de mineração em construção, operação e desativadas sob sua responsabilidade antes do primeiro enchimento no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração – SIGBM, integrando o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração.

O empreendedor é obrigado a cadastrar todas as barragens de mineração em construção, em operação e desativadas sob sua responsabilidade, em consonância com o parágrafo único do art. 13 da Lei nº 12.334/2010 de acordo com a periodicidade expressa no art. 4º da Portaria.

Até o período de dezembro de 2017 haviam sido cadastradas 839 barragens de mineração, das quais, 449 estão enquadradas nos critérios e inseridas na PNSB, conforme apresentado na Figura 8.

Para todas as barragens de mineração, o empreendedor deve implementar um sistema de monitoramento de segurança de barragem, com acompanhamento em tempo integral através de vídeo monitoramento 24 horas por dia (com armazenamento de pelo menos 90 dias) para barragens classificadas com DPA alto e as informações devem estar disponíveis para as equipes e sistemas da Defesa Civil e do DNPM.

Figura 8 – Distribuição das barragens de mineração inseridas no sistema do DNPM em dezembro de 2016.



Fonte: DNPM, 2017.

Para a classificação das barragens quanto a Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado, utilizam-se as classes A, B, C, D e E conforme apresentado no quadro 2, e para auxiliar na classificação referente ao DPA, o empreendedor deve elaborar o mapa de inundação de todas as suas barragens, ressaltando que quando houver barragens a jusante de outras barragens no mesmo vale, o estudo de inundação deve considerar uma análise conjunta

Quadro 2 – Classificação de categoria de risco e dano potencial associado a barragens de mineração.

CATEGORIA DE RISCO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	B	C	E

Fonte: DNPM, 2017.

Na Portaria está explicitada a estrutura do Plano de Segurança de Barragens – PSB que deve ser composto por quatro volumes, sendo o Volume I para Informações gerais, o Volume II para Planos e Procedimentos, o Volume III para Registros e Controles e o Volume IV para Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Quando se tratar de barragem com DPA alto, deverá ser elaborado o Volume V para o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM. Para os casos de barragens com DPA médio, quando o item “existência de população a jusante” atingir 10 pontos ou o item “impacto ambiental” atingir 10 pontos, o PSB deverá, também, ser composto pelo volume V, referente ao PAEBM.

O PSB deverá ser elaborado antes do início do primeiro enchimento da barragem e deverá estar disponível no empreendimento em meio físico ou eletrônico, exceto o Volume V PAEBM que deverá estar em meio físico, e deve ser revisado periodicamente através da Revisão Periódica de Segurança de Barragem – RPSB que, ao ser concluída, deve ser emitida a Declaração de Condição de Estabilidade – DCE da barragem por profissional habilitado que não seja do quadro da empresa e enviada via sistema para o DNPM.

A Portaria também estabelece as Inspeções de Segurança Regular e Especial de Barragem. A primeira deve ser realizada pelo empreendedor quinzenalmente (ou em menor período) com o preenchimento da Ficha de Inspeção Regular e registro no SIGBM. O empreendedor deve elaborar semestralmente o Relatório resultante desta Inspeção para cada barragem, com emissão da DCE a ser enviada ao DNPM via sistema SIGBM.

No caso da Inspeção Especial, a mesma deve ser realizada sempre que forem detectadas anomalias com pontuação dez em qualquer coluna do Quadro 3 – Matriz de classificação quanto à categoria de risco – Estado de conservação do Anexo V da Portaria DNPM nº 70.389 ou quando exigidas pelo DNPM.

### **2.2.3 Portaria do CNRH para classificação das barragens**

Em decorrência ao atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, foi criada a Portaria CNRH nº143, de 10 de julho de 2012, emitida pelo CNRH (2012), a qual estabelece os critérios de classificação de barragens por categoria de risco e dano potencial associado (DPA). De acordo com a Portaria, a classificação de barragens é realizada levando em consideração três grupos de fatores:

- a) Classificação quanto à categoria de risco;

- b) Classificação quanto ao dano potencial associado;
- c) Classificação quanto ao volume.

Segundo o CNRH (2012), a classificação quanto à categoria de risco de barragens está ligada aos aspectos da barragem que possam influenciar na probabilidade de causar acidente, conforme três critérios:

- a) Características técnicas;
- b) Estado de conservação;
- c) Plano de segurança da barragem.

A classificação quanto ao dano potencial associado na área afetada está relacionado principalmente a existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas, mas também leva em consideração a existência de edificações e infraestrutura, bem como a natureza dos rejeitos (se são perigosos).

A classificação quanto ao volume do reservatório de barragens de rejeito de mineração varia entre muito pequena (menor ou igual a 500 mil m<sup>3</sup>), pequena (entre 500 mil e menor ou igual a 5 milhões de m<sup>3</sup>), média (acima de 5 milhões até 25 milhões de m<sup>3</sup>), grande (acima de 25 milhões até 50 milhões de m<sup>3</sup>) e muito grande (acima de 50 milhões de m<sup>3</sup>).

#### **2.2.4 Política Nacional de Defesa Civil (PNPDEC)**

A Lei nº. 12.608, de 10 de abril de 2012 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) e autorizou a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres, além de determinar que é dever da União, dos Estados e Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre com a colaboração de entidades públicas ou privadas e da sociedade em geral.

Valencio (2010) comenta que a defesa civil institucionalizou-se no Brasil no final da década de 1940 com intuito de proteção da população civil a possíveis ataques aéreos durante a segunda guerra mundial. Na atualidade, em termos práticos, a defesa civil tem atuado ao longo dos anos na fase de resposta pós desastres e de forma incipiente na fase de planejamento e preparação para resposta.

A Lei 12.608/2012 apresenta em seu texto algumas considerações importantes, destacadas a seguir:

- Os riscos de desastres apresentam grande grau de incerteza, ou seja, não se afirmar quando e como irão se manifestar e quais serão as consequências, contudo, mesmo com pouca certeza deve-se adotar medidas preventivas e mitigadoras das situações de risco, incluindo medidas de previsão e provisão de moradias temporárias às famílias atingidas por desastres.
- Cabe à Coordenação Municipal de Defesa Civil manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres. A Coordenação deve elaborar um Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil e preparar e realizar regularmente exercícios simulados com a população afetada, estimulando a participação de entidades privadas, públicas, voluntários, organizações não governamentais e associações comunitárias.
- A cultura de prevenção e preparação para desastres deve ser desenvolvida para estimular comportamentos capazes de evitar ou minimizar situações de desastres de qualquer natureza, sendo atribuído ao Poder Público a competência de oferecer capacitação de recursos humanos para ações de proteção e defesa civil.
- Os Municípios devem identificar e cadastrar junto ao Sistema Nacional de Defesa Civil as áreas suscetíveis à ocorrência de inundações bruscas ou processos hidrológicos correlatos, englobando ondas de inundação induzidas por rompimento de barragens de mineração.
- As ações da Defesa Civil Municipal ligadas ao Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil devem ser realizadas com a participação da sociedade civil em audiência pública que deve ser amplamente divulgada.

Em meio a atuação da defesa civil, Cardoso et al. (2014) destaca que por força de Lei a entidade deve coordenar e convocar os demais agentes públicos para a preparação e resposta a emergências, e por isso a entidade deve ter um cuidado especial em gerir o conhecimento nas respostas aos desastres naturais para que informações e ações possam ser organizadas e compartilhadas de maneira adequada entre as agências públicas envolvidas na operação.

De acordo com Brasil (2010a), no Brasil os desastres podem desencadear dois níveis de atuação pública, onde o primeiro é a declaração de Situação de Emergência e o segundo é o Estado de Calamidade Pública. Estes níveis de atuação pública são oficializados, perante o Poder Executivo Federal, por meio de requerimento do Poder Executivo Estadual ou Municipal afetado pelo desastre.

Complementa-se que, segundo a mesma fonte, após o reconhecimento da Situação de Emergência ou do Estado de Calamidade Pública, cabe ao Poder Executivo Federal, com base nas informações obtidas e na disponibilidade de orçamento, definir o montante de recursos a ser disponibilizado para execução das ações de mitigação.

No âmbito da segurança de barragens, a atuação da Defesa civil passou a ter uma correlação direta com a área a partir da promulgação da Portaria DNPM 70.389/17, a qual determinou que o PAEBM do empreendimento seja encaminhado à Defesa Civil e a considerou como agente protagonista nas interfaces com a população para o desenvolvimento dos treinamentos e exercícios simulados de emergência.

Ainda, a Defesa civil tem como atribuição a elaboração dos planos de contingência em toda a extensão do mapa de inundação e a definição das estratégias de alerta, comunicação e orientação à população potencialmente afetada sobre os procedimentos a serem adotados em situações de emergência.

## 2.3 PLANO DE AÇÕES EMERGENCIAIS DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO (PAEBM)

### 2.3.1 Aspectos Gerais

De acordo com o DNPM (2017) o PAEBM deve ser um documento elaborado pelo empreendedor, de fácil entendimento, no qual estão identificadas as situações de emergência em potencial da barragem, estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e definidos os agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar danos e perdas de vida. Conforme a Lei 12.334/2010 o Plano deve estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil.

Sampaio (2016) complementa que o documento deve ser redigido de forma a possibilitar a compreensão do público em geral, e deve estabelecer os procedimentos preventivos e corretivos, além dos meios de divulgação e treinamento dos empregados, comunidades e agentes públicos envolvidos, bem como meios adequados de alerta à população potencialmente afetada.

Uma das partes mais importantes do esquema de PAE está relacionada à definição de responsabilidades-chave devido ao gerenciamento de eventuais eventos de risco prováveis,

incluindo recursos humanos de comunicação entre pessoas correspondentes aos lugares-chave no menor tempo possível (SAID et al., 2016).

De acordo com FEMA (2013) o empreendedor deve desenvolver o PAE em conjunto com autoridades locais e estaduais ligadas a gestão de emergências. Devem ser previstos no PAE os exercícios simulados periódicos para preparação dos atores para prevenção e resposta a emergências com rompimento de barragens e também podem ser estendidos para incluir atividades de recuperação de áreas afetadas.

A ANA (2018) recomenda que os empreendedores de barragens devem elaborar os PAEs com a participação da comunidade a jusante, contando, para isso, com o apoio da Defesa Civil, para que se crie uma cultura de prevenção de consequências mais graves no caso de acidentes com acionamento do PAE.

O conteúdo mínimo do PAEBM deve contemplar os dez itens a seguir:

1. Apresentação e objetivo do PAEBM;
2. Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificações;
3. Descrição geral da barragem e estruturas associada;
4. Detecção, avaliação e classificação das situações de emergência em níveis 1, 2 e/ou 3;
5. Ações esperadas para cada nível de emergência;
6. Descrição dos procedimentos preventivos e corretivo;
7. Recursos materiais e logísticos disponíveis para uso em situação de emergência
8. Procedimentos de notificação (incluindo o Fluxograma de Notificação) e Sistema de Alerta;
9. Responsabilidades no PAEBM (empreendedor, coordenador do PAE, equipe técnica e Defesa Civil);
10. Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS assim como dos pontos vulneráveis potencialmente afetados.

Sobre o item “10” destaca-se que o PAEBM deve conter o mapa de inundação e disponibilizar informações para a Defesa Civil, inclusive a designação formal do Coordenador do Plano e seu substituto, que devem ser profissionais com autonomia e autoridade para mobilização de equipamentos, materiais e mão de obra para serem utilizados nas ações corretivas.

De acordo com DNPM (2017), o PAEBM deve prever sistemática de classificação das situações de emergência nas barragens de acordo com os níveis de emergência apresentados no Quadro 3.

**Quadro 3 – Níveis de emergência de acordo com a Portaria 70.389/17.**

<b>Nível de Emergência (NE)</b>	<b>Descrição</b>
NE-1	Quando detectada anomalia que resulte na pontuação máxima de 10 (dez) pontos em qualquer coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação), do Anexo V, ou seja, quando iniciada uma ISE e para qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.
NE-2	Quando o resultado das ações adotadas na anomalia de nível de emergência 1 não surtirem efeito e a situação continuar como “não controlada.
NE-3	Quando a ruptura da barragem for iminente ou estiver ocorrendo.

**Fonte: DNPM (2017).**

O empreendedor deve apresentar no organograma da empresa uma equipe de segurança de barragem capaz de detectar, avaliar e classificar situações de emergência em potencial, notificar a Defesa Civil Municipal, Estadual, Nacional, Prefeituras envolvidas, órgãos ambientais e DNPM em caso de emergência, e também prestar apoio técnico aos municípios impactados na elaboração dos Planos de Contingência Municipais, realização de simulados e audiências públicas.

Caso seja declarada situação de emergência na barragem, o Coordenador do PAEBM deve comunicar e ficar à disposição da Defesa Civil através dos números de telefone constantes do PAEBM para essa finalidade, e uma vez terminada a situação de emergência nível 3, o empreendedor deve elaborar Relatório de causas e consequências e anexar ao PAEBM.

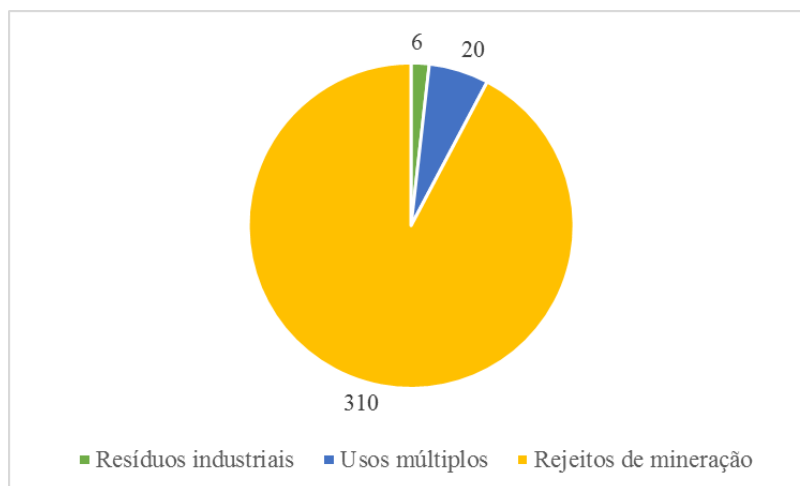
A normativa do DNPM recomenda que o empreendedor deve promover treinamentos internos no máximo a cada seis meses e apoiar e participar de simulados de emergência em conjunto com prefeituras, defesa civil, equipe de segurança, demais empregados do empreendimento e a população compreendida na ZAS, devendo manter os registros no PAEBM. FEMA (2013) afirma que os exercícios simulados periódicos são importantes para a melhoria do PAE à medida que as lições aprendidas são incorporadas no documento.

De acordo com ANA (2018), 336 PAE's foram implantados pelos empreendedores no Brasil, o que representa aproximadamente 1,5% das barragens atualmente em cadastro



abrangidas pela PNSB (Figura 9). Mesmo não conhecendo o número das barragens que possuem PAE, conforme a classificação da barragem feita pela respectiva entidade fiscalizadora, pode-se inferir que o quantitativo ainda é muito baixo.

**Figura 9 - Barragens com Plano de Ação de Emergência (PAE), em 31 de dezembro de 2016.**



**Fonte: ANA (2016)**

(\*) Os dados representam o universo de 1,5% das barragens cadastradas.

De acordo com a mesma fonte algumas razões possíveis para o baixo número são:

- Muitos fiscalizadores ainda não publicaram regulamentos ou o fizeram apenas recentemente (no último ano 18 regulamentos sobre segurança de barragens foram publicados);
- Muitos fiscalizadores não classificaram as barragens sob sua jurisdição ou o fizeram recentemente
- Muitos empreendedores ainda começaram ou estão na fase inicial de elaboração de seus Planos;
- Muitos empreendedores ainda estão dentro do prazo estipulado pelos fiscalizadores para elaborar o PSB, incluindo o PAE, a exemplo dos empreendedores fiscalizados pela ANA e pela ANEEL.

Por fim, ainda não se pode avaliar a qualidade e a consistência dos PAE's existentes nos empreendimentos brasileiros ou a conformidade com a Lei e com os respectivos atos normativos regulamentadores, pois não há informações disponíveis.

Judi et al. (2014) destacam que para o desenvolvimento do PAE um dos pontos de maior criticidade é o alto valor econômico necessário para sua elaboração em face a

complexidade de elaboração do documento, e também à quantidade de profissionais especializados envolvidos.

Entretanto, a ANA (2018) recomenda que os empreendedores comecem a cumprir as obrigações legais, mesmo antes da determinação da respectiva entidade fiscalizadora. A eventual mora fiscalizatória não exime o empreendedor de cumprir suas obrigações. A agência indica ainda que, mesmo antes da conclusão do PAE, seja implementado um fluxo de comunicação com as autoridades e com a população mais próxima da barragem, a jusante, de modo que, em caso de rompimento, possam ser avisados a tempo.

Tal recomendação estende-se tanto a empreendedores de barragens que não necessitam elaborar o PAE, até a empreendedores de barragens não submetidas à PNSB.

### **2.3.2 Zona de Autossalvamento (ZAS)**

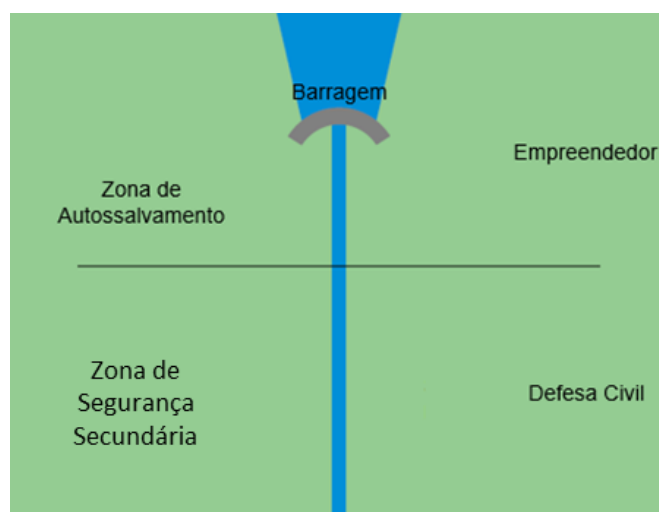
A ZAS é o limite territorial em que o empreendedor deve implantar mecanismos de alerta para a população a jusante e também atuar para a capacitação da população para eventuais necessidades de evacuação da referida zona. Para o gerenciamento de emergências com barragens, os limites de responsabilidade entre o empreendedor e os órgãos públicos de proteção civil, dentro do conceito de ZAS, devem ser estabelecidos de forma estruturada com procedimentos e responsabilidades claras de cada ator (ANCOLD, 1999).

De acordo com o DNPM (2017), a ZAS é a região do vale à jusante da barragem em que se considera que os avisos de alerta à população são da responsabilidade do empreendedor, por não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em situações de emergência, devendo-se adotar a maior das seguintes distâncias para a sua delimitação: a distância que corresponda a um tempo de chegada da onda de inundação igual a trinta minutos ou 10 km, enquanto que a área afetada pela mancha de inundação após a ZAS é denominada Zona de Segurança Secundária (ZSS).

A Figura 10 ilustra um esquema que permite compreender o limite de responsabilidades do empreendedor (ZAS) e da Defesa Civil (ZSS).

Cabe ainda ao empreendedor certificar-se de que as pessoas entenderam sua responsabilidade em auto salvar-se, visto que a ZAS é a área em que não há tempo hábil para a chegada das equipes de emergência privadas ou públicas.

**Figura 10 – Esquema de zona de autossalvamento e zona de segurança secundária.**



**Fonte: Adaptado de PROTEÇÃO CIVIL (2009) e DNPM (2017).**

Proteção Civil (2006) destaca que o conhecimento da mancha de inundação hipotética é fundamental para a preparação dos sistemas de alerta e aviso na ZAS. Ainda, sempre que as condições da barragem se alterarem ou quando as vulnerabilidades do vale a jusante da barragem se alterarem significativamente (construção de edificações, estradas, ferrovias e outros) os serviços municipais devem informar o empreendedor, pois não só a classificação dos danos potenciais pode ser alterada ao longo da sua vida útil, como pode ser necessário atualizar o PAE.

Ressalta-se ainda que no mapa de inundação, é imprescindível a determinação da ZAS, ou seja, da região a jusante da barragem que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. É o local onde o empreendedor deve se incumbir de avisar para que as mortes sejam minimizadas única e exclusivamente por sua atuação.

Cabe ao empreendedor instalar nas comunidades inseridas na ZAS sistema de alarme com sirenes de alerta e alertar a população potencialmente afetada na ZAS, caso se declare Nível de Emergência 3, bem como assegurar a divulgação do PAEBM e o seu conhecimento por parte de todos os entes envolvidos. Também caberá ao empreendedor instalar sistema de alerta à população da ZSS caso seja solicitado formalmente pela Defesa Civil Estadual ou Federal.

### 2.3.3 Mapa de inundação

A modelagem de inundações obtidas com o estudo de *Dam Break* é fundamental para a tomada de decisão no gerenciamento de riscos de barragens, principalmente em áreas em que exista população residente, permitindo prever as áreas dentro da mancha de inundação e consequentemente permitindo preparar a população hipoteticamente afetada (EHSAN et al., 2015).

O fator que envolve custos e que impacta diretamente na definição da mancha de inundação é a resolução do levantamento topográfico que é um fator determinante para a precisão da profundidade da onda de inundação, área de inundação e velocidade com que a onda se movimenta, ou seja, as características da mancha e onda de inundação são proporcionais à precisão do levantamento topográfico, com diferença entre dados de alta resolução divergindo dentro do limite de 10% em relação aos mesmos dados de baixa resolução (JUDI et al., 2014).

Sampaio (2016) comenta que os estudos de *Dam Break* estão submetidos a um alto grau de incertezas em função da variabilidade das causas de rompimento que, consequentemente, afetam a precisão dos resultados do tempo de formação da brecha de ruptura, da vazão máxima e altura da onda de inundação.

Entretanto, as barragens com riscos significativos para a população a jusante devem ter estudos de *Dam Break* com o máximo detalhamento possível da mancha de inundação, bem como do tempo de chegada da onda nos locais habitados, de forma a embasar a elaboração do PAE (ANCOLD, 1999). Day (2016) complementa que é fundamental inclusão de mapas de inundação no PAE que identifique as áreas à jusante afetadas por uma potencial falha da barragem contemplando os locais e populações vulneráveis ao desastre.

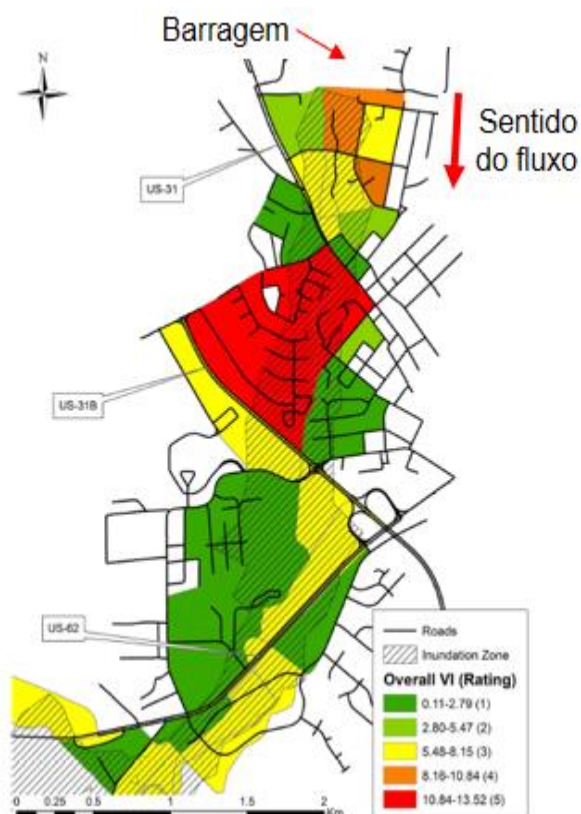
As modelagens de engenharia para elaboração de estudos de *Dam Break*, com base em simulações, têm sido revisadas e calibradas ao longo dos anos com avaliação dos resultados das modelagens frente aos dados de inundações reais, desta forma, os modelos são aprimorados ao longo dos anos e tem sua confiabilidade aumentada progressivamente (EHSAN et al., 2015).

No caso do planejamento e preparação de emergências de barragens é fundamental compreender todas as possíveis consequências decorrentes da falha do barramento. Para tal, é imprescindível a elaboração do PAE capaz de identificar as possíveis zonas de inundação a jusante da barragem, e prever as situações e momentos em que ocorre a onda de inundação (JUDI et al., 2014).

Day (2016) ressalta que para o desenvolvimento do PAEBM é necessário mapear os pontos de maior vulnerabilidade para evacuação das áreas afetadas pela onda de inundação e todas as pessoas e contatos na área. A projeção da área de inundação em mapas de vulnerabilidade permite estabelecer prioridades dentro do PAEBM em estudo, tal qual ilustrado na Figura 11, que apresenta uma escala de cores indicando os locais com maior ou menor dificuldade de evacuação e consequentemente representa a vulnerabilidade da população.

É possível citar ainda estudos de Peng & Zang (2013b) os quais estabeleceram uma relação para a tomada de decisão sobre a evacuação de áreas a jusante de barragens com base na probabilidade de falha da barragem e consequências da onda de inundação em função do tempo de alerta da população afetada. O método também estabelece critérios para atualizar os impactos da tomada de decisão em função de cada opção por adiar a evacuação.

**Figura 11 – Exemplo de mapa de índice de vulnerabilidade de evacuação com base em estudo de *Dam Break* e projeção de onda de inundação de barragem de terra em área com população fixa a jusante.**



Fonte: DAY (2016).

## 2.4 EXERCÍCIOS SIMULADOS DE EMERGÊNCIA

De acordo com o DNPM (2017), simulado é o treinamento prático que tem por função permitir que a população e agentes envolvidos diretamente nas ações de emergência e contingência tomem conhecimento das ações previstas e sejam treinados em como proceder, caso haja alguma situação de emergência real.

As simulações de desastres tentam simular eventos reais para avaliar as conseqüências sobre o próprio plano, adequação da tomada de decisão, outros processos operacionais e o desempenho dos indivíduos e equipes (CHIH-HSIEN et al., 2001).

USDHS (2006) desenvolveu uma metodologia de preparação para resposta a emergências com dois tipos de exercícios preparatórios, Exercícios baseados em Discussões e Exercícios baseados em Operações, os quais se desdobram em sete tipos de exercícios preparatórios.

- Os Exercícios baseados em Discussões são normalmente usados como um ponto de partida com divisão em blocos que começam com baixa complexidade e são divididos em seminários, workshops, jogos e Exercícios Simulados de Mesa ou *Table Top Exercises* (TTX);
- Os Exercícios baseados em Operações representam o nível mais complexo de exercícios e são usados para validar os PAE, políticas, acordos e procedimentos solidificados nos Exercícios baseados em discussões, assim como ajudam a esclarecer papéis e responsabilidades, identificar lacunas na implementação do PAE e ajudam a melhorar o desempenho das equipes envolvidas. São divididos em Treino (*Drills*), Exercícios funcionais (*Functional Exercises – FE*) e Exercícios em Escala Completa (*Full Scale Exercises – FSE*) (USDHS, 2006).

Exercícios simulados de emergências provavelmente fornecem os melhores métodos de estabelecer plano para resposta a emergências com desastres, uma vez que o objetivo deste tipo de exercício é simular desastres para que as equipes de atendimento a emergências possa ganhar experiência para atuação em um desastre real (CHIH-HSIEN et al., 2001).

Os exercícios de campo ou baseados em operações são amplamente conduzidos por entidades ligadas à proteção civil (Defesa Civil, Bombeiros Militares, Serviços Médicos de Urgência e outras). Exercícios de simulação em campo de várias categorias, tais como desastres naturais ou desastres tecnológicos provocados pelo homem, fazem parte dos

programas de treinamento de rotina das entidades ligadas a proteção civil (CHIH-HSIEN et al., 2001).

A maioria do pessoal que atua em atendimento a emergências tem de passar por vários exercícios simulados de desastres em campo todos os anos. Além disso, os exercícios de mesa *Table Top* são um método econômico e eficiente de testar planos e procedimentos. Eles podem envolver os participantes de forma imaginativa e gerar altos níveis de realismo (CHIH-HSIEN et al., 2001).

Os gestores de atendimento a emergência devem utilizar toda a gama de exercícios simulados com uma abordagem consistente através de um planejamento plurianual considerando as sete etapas de Exercícios baseados em Discussões e Operações, resumidos e apresentados no Quadro 4 (USDHS, 2006).

Para a composição do Programa de Exercícios Simulados de Barragens, contudo, os empreendedores de barragens, em consulta com as autoridades de gestão de emergências, devem determinar os tipos e as frequências mais adequadas ao PAE de suas barragens. As frequências recomendadas por USDHS (2006) são:

- 1) Seminários: Anualmente (com autoridades locais de gestão de emergências);
- 2) Treino (ou Drill): Anualmente (com teste do Fluxograma de notificações e equipamentos);
- 3) Workshop: Anualmente
- 4) Exercício de mesa TTX: a cada 3 ou 4 anos (ou antes de exercícios funcionais);
- 5) Jogos (*games*): Variável.
- 6) Exercício funcional FE: a cada 5 anos;
- 7) Exercício em escala completa (FSE): Não há período específico, mas recomendado após realizar todos os outros.

Independente dos tipos de exercícios incluídos no Programa de Exercícios Simulados do empreendedor e autoridades, o programa deve ser construído a partir dos exercícios mais simples e avançando para exercícios mais complexos, proporcionando tempo suficiente entre os exercícios para absorção do aprendizado e aplicação das melhorias do exercício anterior (FEMA, 2013).

Durante várias décadas, organizações internacionais, juntamente com países desenvolvidos e em desenvolvimento, buscaram formas de reduzir os impactos de riscos de catástrofes na sociedade, desenvolvendo planos de gestão e redução de riscos, projetando e implementando sistemas de alerta precoce, e aumentando a conscientização de risco no nível

local, no que tange à atuação das Equipes de resposta a emergência públicas e privadas (BAUDOIN et al., 2016).

**Quadro 4 – Resumo dos sete tipos de exercícios simulados baseados em Discussões e em Operações.**

UTILIDADE / PROPOSTA		DURAÇÃO	AÇÃO DE CAMPO EM TEMPO REAL?
<b>EXERCÍCIOS BASEADOS EM DISCUSSÕES</b>	- Familiarizar os envolvidos com os procedimentos atuais dos PAE - Desenvolver novos planos, políticas, acordos e procedimentos	No máximo 8 horas	Não
<b>SEMINÁRIO</b>	- Fornecer uma visão geral do PAE, recursos, estratégias, conceitos ou idéias novos ou atuais	2 a 5 horas	Não
<b>WORKSHOP</b>	- Alcançar objetivos específicos ou construir produtos (por exemplo, objetivos de exercícios, políticas, planos)	3 a 8 horas	Não
<b>TABLETOP (TTX)</b>	- Ajudar os altos funcionários na capacidade de compreender e avaliar planos, políticas, procedimentos e conceitos práticos	4 a 8 horas	Não
<b>JOGOS (GAME)</b>	- Explorar o processo de tomada de decisões e examinar as consequências dessas decisões	2 a 5 horas	Não
<b>EXERCÍCIOS BASEADOS EM OPERAÇÕES</b>	- Testar e validar planos, políticas, acordos e procedimentos - Clarificar papéis e responsabilidades - Identificar lacunas de recursos	Horas ou dias (depende da proposta do Simulado)	Sim
<b>TREINO (DRILL)</b>	- Testar uma única operação ou função de uma equipe ou agência	2 a 4 horas	Sim
<b>EXERCÍCIO FUNCIONAL (FE)</b>	- Testar e avaliar capacidades, funções, PAE e equipes de comando de incidentes, Comando Unificado, Centros de Inteligência de Operações	4 a 8 horas	Sim
<b>EXERCÍCIO EM ESCALA COMPLETA (FSE)</b>	- Implementar e analisar PAE, políticas, procedimentos e acordos de cooperação desenvolvidos em exercícios anteriores	Horas ou dias (depende da proposta do Simulado)	Sim

Fonte: USDHS (2006).

Em particular, ao se tratar de barragens de mineração, o PAEBM deve disponibilizar as informações técnicas para que sejam realizados os treinamentos e exercícios simulados de situações de emergência pela Defesa Civil em conjunto com o Empreendedor de mineração, de forma a intensificar o conhecimento sobre o conteúdo do plano (SAMPAIO, 2016).

Os exercícios simulados são uma parte integrante do treinamento de emergência e são definidos como uma atividade que simula situações para testar procedimentos e proporcionar vivência prática similar a real aos participantes, incluindo experiência em lidar com situações de alta pressão em um ambiente seguro e solidário (SINCLAIR et al., 2012).



Desta forma, há o desenvolvimento de habilidades técnicas e gerenciais, e também permite aos participantes compreender como é provável que reajam aos estressores e como minimizar as reações negativas. Os exercícios simulados fornecem os meios experienciais para treinar pessoas em um ambiente tão realista quanto possível para uma crise (SINCLAIR et al., 2012).

#### **2.4.1 Exercícios simulados baseados em discussões**

Os Exercícios baseados em discussões são ferramentas valiosas para familiarizar os atores com o PAE e também fortalecem o conhecimento e relacionamento dos atores envolvidos entre si (USDHS, 2006). Estes exercícios geralmente se concentram em questões estratégicas e ações orientadas pelas políticas da empresa. São conduzidos por facilitadores que lideram as discussões, mantendo os participantes no caminho certo para alcançar os objetivos do exercício (SAMPAIO, 2016).

Os seminários são o ponto de partida da preparação para resposta a emergências, e ocorrem através de discussões informais e sem restrições onde um facilitador determina o cenário em tempo real de eventos e os participantes são incitados a fornecer sua visão geral do PAE, procedimentos e recursos disponíveis para tratar o cenário (USDHS, 2006).

Os workshops são utilizados para produzir produtos como, por exemplo, procedimentos operacionais, planos de operações de emergência ou políticas. Também são usados em conjunto com o desenvolvimento de exercícios para determinar objetivos, desenvolver cenários e definir critérios de avaliação (USDHS, 2006).

Após os seminários, os workshops representam a segunda série de exercícios na abordagem de preparação para emergências. Os Workshops diferem dos seminários em dois aspectos: a interação do participante é aumentada e o foco está na obtenção ou construção de um produto. Para serem eficazes, os Workshops devem estar altamente focados em uma questão específica, e o resultado ou objetivo desejado deve ser claramente definido (USDHS, 2006).

O jogo (*game*) é uma simulação de operações que visa testar a tomada de decisões e consequências, e envolve duas ou mais equipes, geralmente em ambiente competitivo, usando regras, dados e procedimentos projetados para descrever uma situação real ou assumida e não

requer o uso de recursos reais. A sequência de eventos afeta e é afetada por decisões tomadas pelos participantes (SAMPAIO, 2016; USDHS, 2006).

Cada jogo (*game*) proporciona oportunidades de criar cenários realistas e tempo-sensíveis às decisões dos participantes, entretanto, este tipo de exercício simulado demanda relativamente muito tempo para ser preparado. As decisões do Facilitador podem ser introduzidas em modelos que mostrem os efeitos das decisões tomadas (USDHS, 2006).

Os exercícios simulados de mesa ou *Table Top Exercises* (TTX) são usados para avaliar planos, políticas e procedimentos ou para avaliar os sistemas necessários para orientar a prevenção, resposta e recuperação de um cenário de acidente. O TTX normalmente é destinado a facilitar a compreensão dos conceitos identificando pontos fortes e insuficiências e alcançar mudanças na atitude dos atores (USDHS, 2006).

O TTX envolve o pessoal chave e propõe a discussão do cenário simulado em um ambiente informal onde os participantes são encorajados a discutir questões em profundidade e desenvolver decisões através da resolução de problemas em ritmo lento, em vez de tomadas rápidas e espontâneas de decisão que ocorre sob condições reais ou em simulados de Grande Escala (FSE). A sua eficácia é derivada do envolvimento dos participantes e respectiva avaliação dos Planos de Ações Emergenciais e procedimentos recomendados (USDHS, 2006).

Para Sandstrom et al. (2014), o TTX é uma ferramenta de preparação de um determinado grupo de pessoas ou entidades normalmente envolvidas na resposta a situações de emergência de grandes proporções. O objetivo é promover a capacidade dos envolvidos de lidar com situações reais, bem como identificar e tratar potenciais falhas do Plano de Atendimento a Emergências.

A aplicação de exercício simulado de mesa pode ser feita em diversos segmentos industriais visto que a dinâmica é flexível e adapta-se aos mais variados objetivos, seja para avaliar eficácia do planejamento, seja treinar os participantes ou para avaliar as habilidades e assertividade dos participantes e tomadores de decisão em situações reais (SANDSTROM et al., 2014).

Os cenários de exercícios simulados devem ser construídos com base em eventos reais para que os envolvidos tenham contato com situações o mais próximas possível da realidade, oferecendo aos participantes desafios plausíveis e que ajudaram na tomada de decisão caso ocorra uma situação real (SINCLAIR et al., 2012).

Os exercícios simulados internos devem ser realizados pelo Empreendedor no caso dos planos de emergência internos, devendo a respectiva periodicidade ser proposta no plano. No planejamento dos exercícios simulados deve-se definir os padrões e modelos de execução

e coordenação dos mesmos, os meios envolvidos e os cenários a simular (PROTEÇÃO CIVIL, 2009).

Sandstrom et al. (2014) propõem o desenvolvimento e uso de cartões padronizados com conteúdo genérico aplicável para exercícios simulados de mesa que envolvam desastres em geral, citando também a melhoria do método de cartões com ciclos de desenvolvimento interativo com os participantes.

De acordo com Sandstrom et al. (2014), cada exercício simulado de preparação para resposta a emergência de desastres pode ser dividido em seis fases com características distintas e que demandam recursos e ações diferentes conforme apresentado no Quadro 5.

**Quadro 5 – Fases da emergência e diferentes perspectivas de resposta.**

<b>FASE DO CENÁRIO</b>	<b>FASE DA RESPOSTA</b>	<b>FASE OPERACIONAL</b>
Pré incidente	Prontidão	Espera
Alarme do incidente	Avaliação da situação	Reação
Fase inicial	Avaliação da exposição	Gerenciamento de incidentes
Fase aguda	Efeitos agudos na saúde	Resposta operacional
Fase tardia	Efeitos a longo prazo na saúde	Cuidados de saúde a longo prazo
Consequências	Fase de recuperação	Cuidados psicossociais

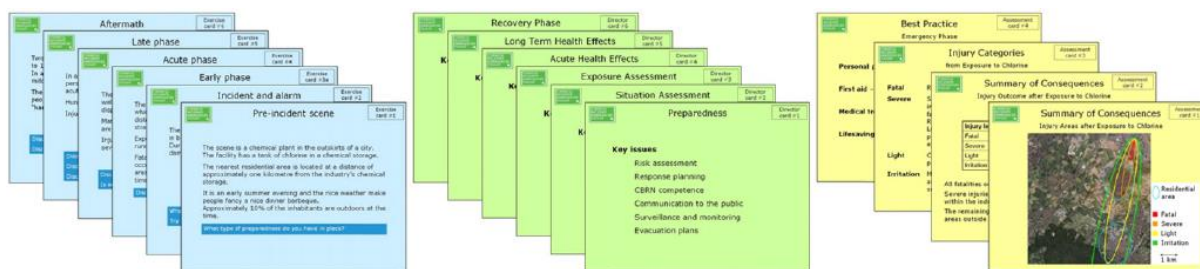
**Fonte: Adaptado de Sandstrom et al. (2014).**

Sandstrom et al. (2014) propõem um método para padronizar a construção de exercícios simulados de mesa através de três grupos de cartões de apoio, conforme representado na Figura 12, onde:

- Cartões com o cenário do exercício, que especifica o cenário e anomalias;
- Cartões genéricos do coordenador do simulado, que possuem informações auxiliares à condução do simulado e aspectos gerais;
- Cartões com as consequências de cada anomalia, que apresentam aos participantes detalhes dos efeitos ou consequências geradas pela catástrofe em cada fase do evento hipotético.

Sinclar et al. (2012) comentam que a realização de um exercício simulado *Table Top* para cenários de incidentes catastróficos é considerada tarefa de alta complexidade e deve ser conduzida por pessoa qualificada e com experiência em gestão para que o simulado possa alcançar os objetivos esperados.

**Figura 12 – Cartões com o cenário do exercício (à esquerda), cartões genéricos do coordenador do simulado (meio) e os cartões de consequências ligados ao cenário (à direita).**



Fonte: Sandstrom et al. (2014).

Para a preparação de um exercício simulado *Table Top* deve preparar material de apoio com o desenvolvimento da cena do incidente, considerando tempos razoáveis para resposta de cada cena, e caso não haja a resposta adequada, o coordenador do simulado conduz o grupo para cenas seguintes (SANDSTROM et al., 2014).

De acordo com o mesmo autor, cada cena utilizada no cenário deve oferecer informações específicas e orientações aos participantes do exercício com maior número de detalhes possível para o entendimento do incidente, e em cada fase há perguntas para iniciar as discussões com o grupo, conforme exemplo indicado no Quadro 6.

**Quadro 6 – Perguntas e instruções genéricas para iniciar e orientar a condução de cada etapa do exercício simulado de mesa (*Table Top*).**

FASE DO CENÁRIO	PERGUNTA / INSTRUÇÃO
Pré incidente	- Que tipo de preparação você tem no lugar?
Alarme do incidente	- O que você espera ser relatado da cena? - Tente avaliar a situação de emergência
Fase inicial	- Discuta suas ações imediatas
Fase aguda	- Discuta suas prioridades em cuidar da situação - A contaminação secundária é motivo de preocupação
Fase tardia	- Discutir a necessidade de amostragem - Discuta seus planos e recursos de assistência psicossocial - Discutir as informações a serem divulgadas
Consequências	- Discutir a resistência de sua organização de movimentação de vítimas em massa - Discutir os efeitos médicos e psicossociais antecipados a longo prazo

Fonte: Adaptado de Sandstrom et al. (2014).

A dinâmica do exercício transcorre com o coordenador do simulado apresentando o cenário aos participantes gradativamente com um tempo para o grupo discutir a resposta à

situação de emergência proposta, cabendo ao coordenador solicitar aos participantes que justifiquem as decisões.

O simulado deve ser planejado com base nos padrões de resposta a emergência existentes de forma a permitir que as fichas ou cartões de cenas possam ter uma modelagem de resposta esperada para cada evento em curso, permitindo que o desfecho do simulado possa ser avaliado e criada uma relação de aderência numérica das ações dos participantes frente ao que era esperado (SANDSTROM et al., 2014).

Para a realização do exercício *Table Top* é importante designar pessoas que conheçam o processo de resposta a emergência e que estejam familiarizadas com o cenário proposto e respostas esperadas para atuarem como observadores (SINCLAIR et al., 2012). Após a realização do exercício é importante para o aprendizado que seja realizado um seminário de avaliação e discussão das decisões tomadas pelo grupo, com a participação de todos os envolvidos e dos observadores (SANDSTROM et al., 2014).

Segundo Sandstrom et al. (2014), os principais fatores de sucesso para a realização de exercícios simulados *Table Top* foram compilados em tres tópicos, sendo estes:

- Definição de um objetivo prioritário para manter o foco do exercício;
- Tornar o cenário do exercício simulado o mais realista possível;
- Limitar o número de participantes.

Cada cena ou cada questão do exercício simulado deve ser importante o suficiente para despertar o interesse dos participantes e fomentar discussões construtivas, e normalmente, deve reservar de 4 a 8 (quatro a oito) horas para cada simulado (SANDSTROM et al., 2014).

Atuar com a gestão de riscos potenciais para a prevenção de emergências catastróficas é o principal foco das empresas, mas é fundamental desenvolver as capacidades organizacionais de forma que cada ator envolvido na resposta a emergências conheça seu papel para responder a emergências de forma a minimizar os danos sociais e ambientais, assegurando a continuidade do negócio com o consentimento da opinião pública ou licença social (OLIVEIRA, 2014).

Para tal preparação, ao implantar rotinas de aplicação de exercícios simulados de mesa para cenários de desastres, deve-se planejar detalhadamente a preparação de cada grupo envolvido e o simulado completo deve ser precedido de etapas de preparação e simulações de mesa com grupos menores até que o nível de preparação esteja adequado para a realização de

um exercício com todas as hierarquias de atuação no plano, alta administração, líderes intermediários e operacionais (SANDSTROM et al., 2014).

Os exercícios simulados devem ser realizados periodicamente pelo empreendedor com a participação das entidades públicas de proteção civil e contemplar toda a população dentro das áreas afetadas pela mancha de inundação (PROTEÇÃO CIVIL, 2009).

Para alcançar o melhor resultado do exercício simulado, é essencial que após o simulado seja realizada a avaliação e análise crítica das respostas fomentando um ambiente que propicie a transformação dos problemas e falhas encontrados em lições aprendidas (SANDSTROM et al., 2014).

As atividades de gerenciamento de grandes simulados de emergências são realizadas em circunstâncias únicas e desafiadoras (por exemplo, respondendo a hipóteses de eventos caracterizados por envolvimento multi-agência). Antecipar estas circunstâncias fornece as bases para a identificação das competências, sistemas e procedimentos necessários para coordenar e gerir a resposta (SINCLAIR et al., 2012).

O resultado de todo o processo de avaliação (planejamento, execução e análise crítica) devem ser compilados em relatório escrito descrevendo o passo a passo do simulado, pessoas envolvidas, estatísticas e aprendizados que possam fundamentar a preparação da organização para incidentes e emergências semelhantes aos simulados (SANDSTROM et al., 2014).

Os exercícios simulados de resposta a emergências são ferramentas fundamentais para preparar os profissionais envolvidos nos diversos cenários com variáveis similares a realidade e permitem aos envolvidos evoluir nos preparativos para responder aos complexos cenários de desastres de todas as naturezas (SANDSTROM et al., 2014). Também contribui para a melhoria dos resultados na resposta a emergências a participação da comunidade nos exercícios simulados, para que os aprendizados sejam vivenciados por todos (BAUDOIN et al., 2016).

#### **2.4.2 Exercícios simulados baseados em operações**

A preparação para resposta a emergências em campo é fundamental para controlar situações indesejadas e gerenciar crises geradas por acidentes complexos como o exemplo de ruptura de uma barragem de mineração. As preocupações com o gerenciamento de grandes emergências criaram a necessidade de preparar as equipes internas do empreendimento e as

forças públicas de proteção da sociedade para a mitigação das consequências geradas por situações catastróficas (OLIVEIRA, 2014).

Os Exercícios baseados em operações são caracterizados pela reação real à situação simulada, com respostas às situações de emergência mobilizando os equipamentos, recursos e rede de contatos com os atores, e também avalia o comprometimento pessoal dos envolvidos (USDHS, 2006).

O *Drill* (Treino) é um tipo de exercício simulado onde somente é avaliada uma atividade normalmente empregada para testar uma única operação ou função específica de um ator ou entidade atuante no Plano de Ações de Emergências. São empregados como forma de treinar os atores em novos equipamentos ou testar novos procedimentos (USDHS, 2006).

O Treino também tem função de praticar ou manter as habilidades atuais dos envolvidos, e tem como atributos típicos, segundo USDHS (2006), os seguintes itens:

- Um foco restrito em avaliações com base nos padrões estabelecidos;
- Feedback instantâneo aos participantes;
- Ambiente realista.

O Exercício simulado Funcional (FE) ou exercício de comando tem objetivo testar e avaliar capacidades individuais, múltiplas funções, atividades dentro de uma função ou grupos interdependentes de funções. Ele simula a realidade das operações em uma área funcional, apresentando problemas complexos e realistas que exigem respostas rápidas e eficazes por pessoal treinado em um ambiente estressante. Os eventos são projetados por meio de um cenário de exercícios com atualizações do cenário a medida que as decisões são tomadas em nível gerencial (USDHS, 2006).

Existe ainda, o Exercício Simulado em Escala Completa (FSE), que segundo o autor mencionado é o tipo de exercício mais complexo e envolve todas as entidades com atribuições no PAE e se concentra em implementar os procedimentos que foram desenvolvidos nos exercícios simulados de menor complexidade (Seminários, Workshops, Jogos, Simulados *Table Top*, Treinos e Exercícios Funcionais).

Em outras palavras, nos FSE a realidade das operações envolve todos os atores do PAE e apresenta problemas complexos e realistas que requerem pensamento crítico, resolução rápida de problemas e respostas eficazes dos envolvidos (USDHS, 2006).

Também de suma importância para verificação nos simulados baseados em operações são os sistemas de alerta precoce que oferecem uma oportunidade para reduzir os impactos dos riscos de desastres nas comunidades vulneráveis. Mas, para ser bem sucedido, não pode

haver uma quebra nos procedimentos de resposta a emergências, o que torna fundamental a realização de simulações para devida preparação da população e equipes de emergência (BAUDOIN et al., 2016).

Durante um FSE, os eventos são projetados através de um cenário de anomalia com roteiros pré definidos mas, com margem para flexibilizar de forma a permitir atualizações para conduzir a atividade. O FSE é conduzido em ambiente estressante e em tempo real, aproximando-se o máximo possível da situação real (USDHS, 2006).

Os FSE são focados na eficácia das respostas a emergências e todos os envolvidos, tanto no comando quanto nas operações de campo são mobilizados na cena em que se planejou o simulado e devem atuar como se um incidente real tivesse acontecido (com algumas exceções) (USDHS, 2006).

De acordo com FEMA (2013), tanto os FE, quanto os FSE são considerados fundamentais para melhorar o PAE, organizar os esforços de prontidão operacional e aprimorar a coordenação de todos os atores envolvidos na resposta a emergências com barragens e tem com principais objetivos:

- Revelar pontos fortes e fracos do PAE, incluindo ações internas especificadas, procedimentos de notificação externa e adequação de outras informações, como mapas de inundação;
- Revelar as deficiências nos recursos e informações disponíveis ao proprietário da barragem e às autoridades de gestão de emergências;
- Melhorar os esforços de coordenação entre o proprietário da barragem e as autoridades de gestão de emergências;
- Esclarecer os papéis e responsabilidades do proprietário da barragem e autoridades de gestão de emergências;
- Melhorar o desempenho individual das pessoas que respondem à emergências com barragens;
- Obter reconhecimento público do PAE.

As principais lacunas observadas na execução das ações de atendimento a emergências estão relacionadas à falhas de comunicação e desconhecimento detalhado dos procedimentos, que muitas vezes resultam em capacidades de enfrentamento e resposta significativamente inferiores ao esperado (BAUDOIN et al., 2016).

As falhas em barragens podem causar consequências catastrófica para a população. As catástrofes de barragens ocorridas ao longo dos anos mostraram que o risco de perda de vidas



está diretamente relacionado ao tempo disponível para aviso de evacuação à população e também a adequada resposta da população, que deve estar adequadamente preparada através de treinamentos e simulados (PENG & ZANG, 2013a).

Apesar dos benefícios óbvios de salvar vidas, uma decisão de evacuação de área a jusante de barragem deve ser tratada como uma questão muito séria, uma vez que incorre em uma grande despesa econômica. Antes de tomar a decisão de evacuar, é fundamental avaliar se realmente é necessário e qual é o momento ideal para evacuar (PENG & ZANG, 2013a).

Para a segurança de longo prazo de barragens, o foco é a minimização de todos os riscos e o domínio dos riscos restantes da melhor maneira possível, e para tal, há quatro elementos essenciais que englobam todos os aspectos capazes de assegurar a integridade das estruturas de forma sustentável, e são eles: segurança estrutural, monitoramento de segurança, segurança operacional / manutenção e plano de emergência (WIELAND, 2016).

Em função da complexidade e da grande quantidade de variáveis que compõem a segurança de barragens de mineração, a hipótese de ruptura do barramento deve ser sempre considerada e tratada como realmente possível de ocorrer. Apesar das técnicas e tecnologias modernas de projeto, construção e monitoramento de uma barragem, sempre haverá margem para falhas e, conseqüentemente, a ocorrência de rupturas (SAMPAIO, 2016).

### 3. APRESENTAÇÃO DO PAEBM DA BARRAGEM ESTUDO DE CASO

#### 3.1 Características técnicas da barragem

A barragem da Pera Jusante está inserida no complexo minerador de Carajás, localizado no município de Parauapebas, no sudeste do Estado do Pará (Figura 13), onde o minério de ferro é obtido pelo método convencional de lavra a céu aberto, com o processo de perfuração, detonação, carregamento e transporte através de caminhões fora de estrada para as usinas de beneficiamento de minério, onde é processado e estocado. O produto é escoado através de ferrovia até o porto localizado em São Luís no Estado do Maranhão.

Figura 13 – Localização do município de Parauapebas onde está situado complexo minerador de Carajás.



Fonte: Adaptado de IBGE, 2017.

A barragem foi concebida para contenção de sedimentos de uma das minas pertencentes à empresa e acumulação de água. Na margem esquerda do reservatório existe um

sistema de captação de água para utilização no processo industrial, conforme apresentado na Figura 14. O barramento localiza-se em um igarapé e iniciou sua operação no ano de 2006.

**Figura 14 – Vista aérea da barragem Pera Jusante.**



**Fonte: PAEBM, 2016.**

O maciço da barragem é constituído de laterita compactada nos espaldares de montante e jusante com núcleo constituído de argila siltosa compactada de elevada plasticidade. A barragem possui sistema de drenagem superficial nos taludes de jusante através de canaletas implantadas nas bermas e descidas de águas em degraus.

A crista possui inclinação para montante e é protegida superficialmente com pedrisco. O sistema de drenagem interna é composto de filtros vertical / inclinado de areia e tapete drenante, conectados em dreno de pé de enrocamento na saída da drenagem.

O sistema extravasor da barragem é do tipo soleira livre implantado na ombreira direita da barragem. A calha do extravasor apresenta 19,0 metros de largura e a bacia de dissipação 7,0 metros de largura e 25,0 metros de comprimento. A soleira está na Elevação 316,0 metros (nível da água).

O Quadro 7 apresenta as principais características da barragem estudo de caso.

**Quadro 7 – Principais características técnicas da barragem Pera Jusante.**

<b>Coordenadas geográficas (eixo)</b>	06°02'50"S e 50°08'35"W
<b>Classificação (DNPM nº. 416/2012)</b>	Classe C
<b>Finalidade</b>	Contenção de sedimentos e captação de água
<b>Ano de construção</b>	2006
<b>Área de drenagem</b>	16,8 km <sup>2</sup>
<b>Maciço</b>	Laterita compactada nos espaldares e núcleo com argila siltosa
<b>Elevação da crista atual do maciço</b>	El. 320,00 m
<b>Altura total</b>	45,0 m
<b>Comprimento da crista</b>	400 m
<b>NA Máximo Normal</b>	El. 316,00 m
<b>Volume total do reservatório (até a crista)</b>	5,67 Mm <sup>3</sup>
<b>Extravasador de emergência (tipo soleira livre)</b>	Superfície com largura de 15,0 m
<b>Drenagem Interna</b>	Composto de filtros vertical/inclinado de areia e tapete drenante, conectados a dreno de pé de enrocamento na saída da drenagem.
<b>Drenagem Superficial</b>	Composta de canaletas implantadas nas bermas e descidas de água em degraus.
<b>Instrumentação (Automatizada)</b>	A rede de instrumentação é composta por medidores de nível de água, piezômetros, régua limnimétrica, medidores de vazão e marcos superficiais.

Fonte: PAEBM, 2016.

### 3.2 PAEBM da barragem estudo de caso

O PAEBM da barragem Pera Jusante está formalizado em um documento denominado “Plano de ações emergenciais das barragens de mineração – Barragem da Pera Jusante - Relatório Técnico” e foi elaborado por empresa de consultoria especializada no tema. Após a elaboração do referido Plano, em 2016, o documento foi encaminhado para os órgãos públicos, sendo estes a Prefeitura e a Defesa Civil do município, estando disponível para consulta na Defesa Civil.

O PAEBM da barragem estudo de caso está organizado em sete seções, explicitadas no Quadro 8.

**Quadro 8 – Seções do PAEBM da barragem Pera Jusante.**

SEÇÃO I	Informações gerais da barragem: contém a apresentação, objetivo, descrição do empreendimento, descrição da área à jusante e descrição dos acessos.
SEÇÃO II	Procedimentos preventivos e corretivos: descreve os procedimentos preventivos e corretivos.
SEÇÃO III	Deteção, avaliação e classificação das situações de emergência: consta da caracterização dos níveis de emergência e risco de ruptura, da deteção das situações de emergência e das ações esperadas para cada nível de emergência.
SEÇÃO IV	Fluxograma e procedimentos de notificação: apresenta o fluxograma e procedimentos de notificação.
SEÇÃO V	Responsabilidades gerais no PAEBM: trata das responsabilidades do empreendedor, do comitê diretivo, do coordenador do PAEBM, da equipe de atendimento a emergência, além das responsabilidades na notificação, na evacuação e no encerramento da emergência.
SEÇÃO VI	Estudos de cenários de ruptura: metodologia utilizada, resultado das modelagens e identificação do dano potencial.
SEÇÃO VII	Apresenta os anexos e os apêndices: quadro de classificação quanto à categoria de risco – estado de conservação; plano e registro de treinamento do PAEBM, meios e recursos disponíveis, modelos de formulários e mensagens, relatório de encerramento de emergência, controle de atualização do PAEBM, autoridades públicas que receberam o PAEBM e os protocolos, contatos de agentes externos e internos, registro de contatos externos, sistema de comunicação interno, fluxograma interno de notificação do PAEBM, fluxograma externo de notificações do PAEBM, fichas de emergência – Nível de emergência 1, fichas de emergência – Nível de emergência 2; fichas de emergência – Nível de emergência 3 e mapas de cenários e glossário.

Fonte: PAEBM, 2016

### 3.2.1 Situações de emergência

O PAEBM da barragem Pera Jusante foi elaborado considerando quatro modos de falha e as suas respectivas situações de emergência (NE-1, NE-2 e NE-3), sendo os modos de falha: a) Galgamento; b) Percolação não controlada de água (*piping*) no maciço ou na fundação; c) Instabilização 1 e d) Instabilização, conforme explicitado no Quadro 9.

**Quadro 9 – Seções do PAEBM da barragem Pera Jusante.**

Situação de Emergência	Modos de Falha	Nível de Emergência (NE)
Estruturas extravasoras com problemas identificados, com redução de capacidade vertente; com borda livre menor que 1,0 m.	Galgamento	1
As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, <u>a anomalia não foi extinta ou controlada.</u>		2
Galgamento do barramento com abertura de brecha de ruptura. A ruptura é iminente ou está ocorrendo.		3
Surgência nas áreas a jusante sem carreamento de material e com vazão constante.	Percolação não controlada de água ( <i>piping</i> ) no maciço ou na fundação	1
As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, <u>a anomalia não foi extinta ou controlada</u> e verificou-se carreamento de sólidos e aumento da vazão.		2
Erosão regressiva ( <i>piping</i> ) com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura. Ruptura iminente ou está ocorrendo.		3
Existência de trincas no maciço (deformações e recalque)	Instabilização 1	1
As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, <u>a anomalia não foi extinta ou controlada</u> e verificou-se abatimento da crista e/ou escorregamento do maciço.		2
Instabilização em evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura. A ruptura é iminente ou está ocorrendo.		3
Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, (deterioração dos taludes/paramentos).	Instabilização 2	1
As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, <u>a anomalia não foi extinta ou controlada.</u>		2
Instabilização em evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura. A ruptura é iminente ou está ocorrendo.		3

Fonte: PAEBM (2016).

A definição de cada um dos níveis de emergência (NE) está descrita a seguir, e foram compiladas do texto da Portaria DNPM nº. 70.389/2017.

- a) Nível de Emergência 1 (NE-1), representado pela cor verde nas fichas de emergência e é caracterizado quando se detecta uma anomalia na barragem que resulte na pontuação de dez pontos em qualquer coluna do Quadro de Estado de Conservação (Anexo I da Resolução CNRH nº 143, de 2012 e Anexo IV da Portaria DNPM nº 416, de 2012, e para qualquer outra situação com potencial de comprometer a segurança da barragem;
- b) Nível de Emergência 2 (NE-2), representado pela cor amarela nas fichas de emergência e representa um agravamento da situação do NE-1 indicando que a anomalia não foi extinta ou controlada, de acordo com a definição da Portaria DNPM nº 416, de 2012;

- c) Nível de Emergência 3 (NE-3), representado pela cor vermelha nas fichas de emergência e indica que a anomalia na barragem não foi controlada e a barragem está em situação de ruptura iminente ou a ruptura está ocorrendo.

Vale destacar, previamente, que para o desenvolvimento dos simulados de emergência propostos na presente pesquisa selecionou-se o modo de falha “percolação não controlada de água (*piping*) no maciço ou na fundação” e conseqüentemente as suas respectivas situações de emergência, tornando-se assim, os cenários dos exercícios de simulados considerados no trabalho.

### **3.2.2 Hidrograma de ruptura e mancha de inundação**

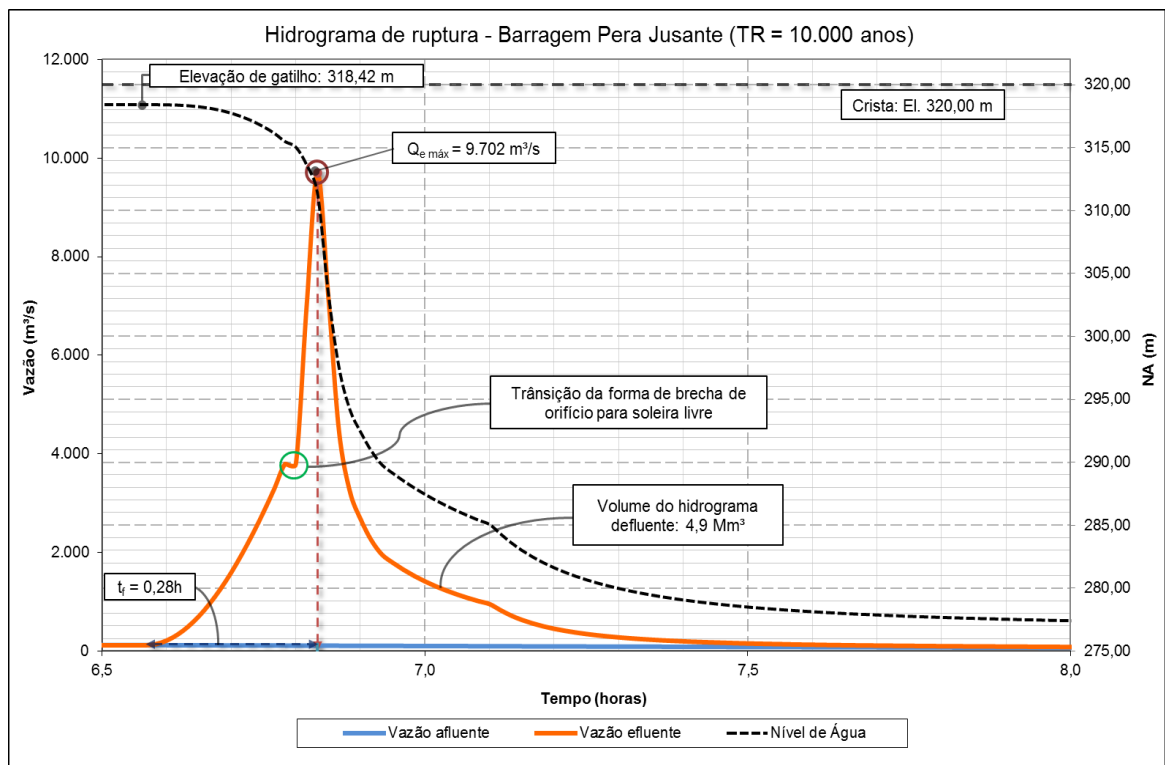
O PAEBM da barragem Pera Jusante tem como elemento fundamental o estudo de ruptura hipotética, também conhecido como estudo de *dam break* que tem foco na determinação do contorno de propagação da onda de ruptura hipotética, com a delimitação das áreas potencialmente inundáveis a jusante.

A metodologia aplicada à barragem estudada considerou a ruptura da barragem em dia chuvoso (TR = 10.000 anos), com elevação de gatilho da ruptura igual ao nível de água máximo (Elevação 318,42 metros). Nesse cenário foi considerada a propagação de um terço do volume de rejeitos do reservatório. O memorial de cálculo encontra-se descrito no PAEBM da barragem.

Para a determinação do hidrograma de ruptura foram testadas as hipóteses de ruptura por galgamento (*piping*) para a ocorrência da cheia decamilenar. Desta forma, os estudos apontaram que a barragem não rompe por galgamento devido a um evento de precipitação com TR de 10.000 anos, possuindo uma borda livre na passagem da cheia de 1,58 metros. Logo, foi adotada a hipótese de ruptura por *piping* para o PAEBM da barragem.

Como resultado dos estudos hidrológicos obteve-se o hidrograma de ruptura apresentado na Figura 15. A metodologia de cálculo encontra-se explicitada no PAEBM da barragem.

**Figura 15 – Hidrograma da cheia de ruptura da Barragem estudo de caso.**



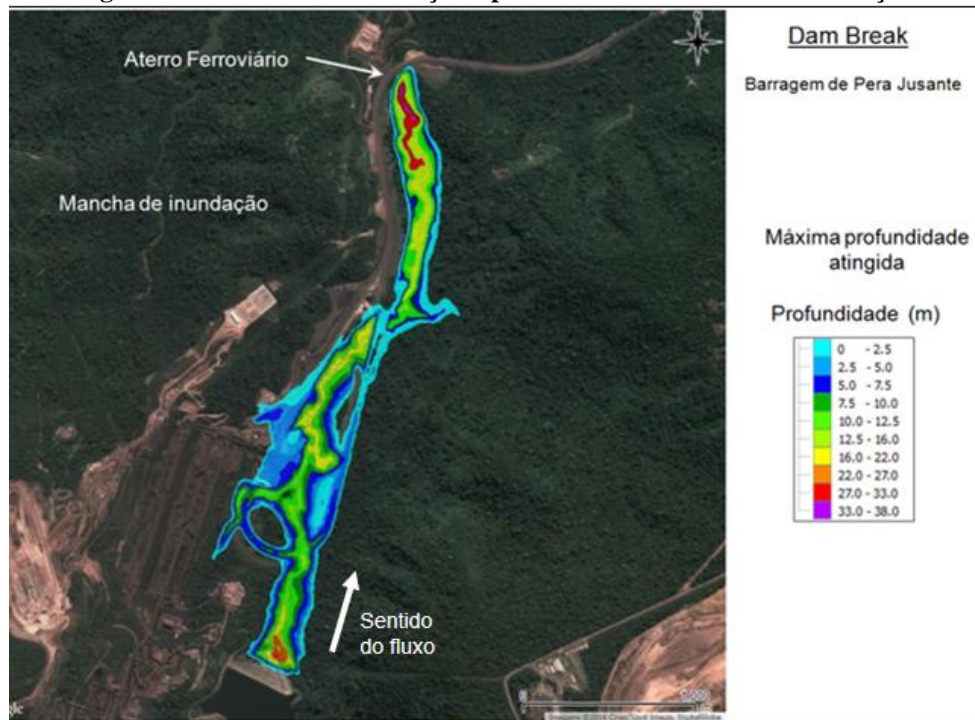
Fonte: PAEBM, 2016.

O trânsito de cheias definido para a ruptura hipotética da barragem Pera Jusante demonstra que o pico da vazão efluente (vazão de ruptura) é igual a 9.702 m³/s e ocorre, aproximadamente, quinze minutos após o início do desenvolvimento da brecha. A formação da brecha inicia-se quando o nível de água do reservatório corresponde ao nível de água máximo (elevação 318,42 m) do reservatório, e conseqüentemente inicia-se o esvaziamento do reservatório até que o nível de água se torne igual a elevação de fundo da brecha.

As Figuras 16 e 17 contêm a representação gráfica dos resultados para profundidade e velocidade máximas atingidas para o cenário de ruptura hipotética da barragem.

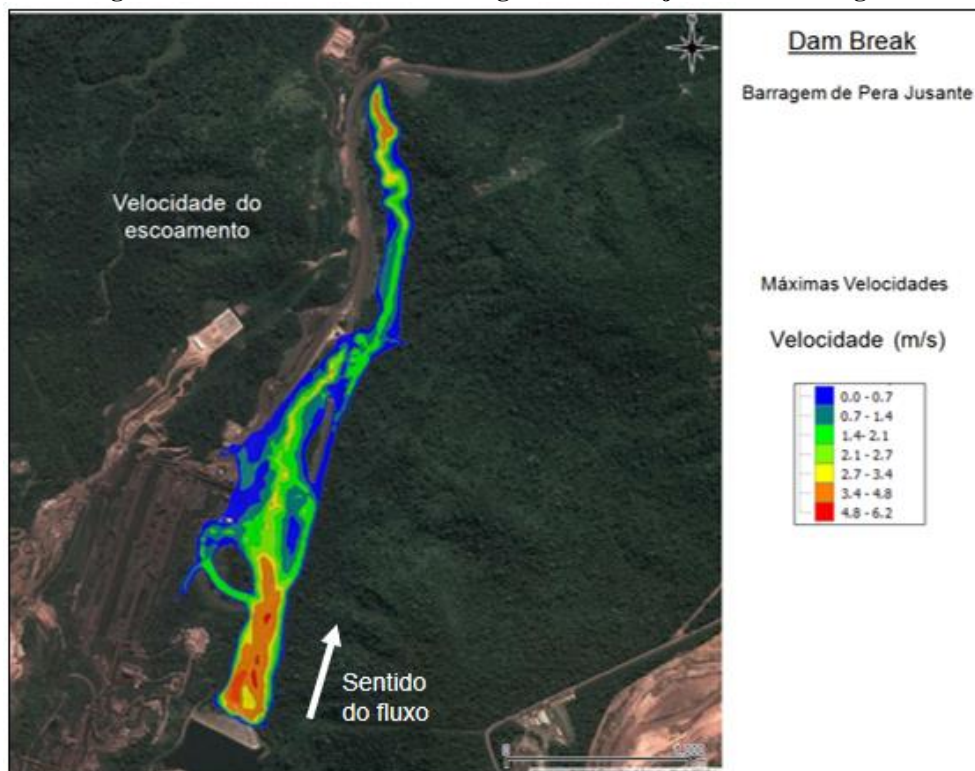


Figura 16 – Mancha de inundação e profundidades da onda de inundação.



Fonte: PAEBM, 2016.

Figura 17 – Máxima velocidade atingida na área a jusante da barragem.



Fonte: PAEBM, 2016.

Os mapas de inundação gerados para o cenário de ruptura simulado, as informações de cotas máximas atingidas e os tempos de chegada da onda de ruptura, ao longo da área a jusante, são dados fundamentais para a elaboração do PAEBM e respectivas áreas de evacuação.

No caso de execução de exercícios simulados de emergência, o tempo da onda de inundação torna-se um parâmetro importante para a avaliação da eficácia da dinâmica das simulações.

### 3.2.3 Zona de Autossalvamento (ZAS)

A ZAS da barragem Pera Jusante trata-se de área localizada à jusante da própria barragem exposta à onda hipotética de inundação em que não há tempo hábil para que chegue a Defesa Civil ou o próprio empreendedor para alertar as pessoas, caso a barragem se rompa, e é limitada até o aterro da ferrovia, tendo impacto direto na pera ferroviária e no silo de carregamento de minério em caso de ruptura, e coincide com a área de inundação ilustrada na Figura 16 apresentada no capítulo anterior.

Cabe ressaltar que toda a área afetada pela mancha de inundação hipotética da barragem está situada dentro da propriedade do empreendedor, afetando exclusivamente instalações industriais. Com base na ZAS contida no PAEBM, definiu-se a posição do ponto de encontro em local próximo às áreas a serem evacuadas, conforme indicado na Figura 18.

**Figura 18 – Projeção da mancha de inundação e localização do ponto de encontro.**



Fonte: Adaptado, PAEBM, 2016.

A Defesa Civil, conforme indicado na Lei nº. 12.608/2012, a partir da comunicação da situação de emergência por parte do empreendedor, tornar-se a responsável pelo acionamento e coordenação da atuação dos demais órgãos públicos envolvidos no enfrentamento de uma situação de emergência.

É importante destacar algumas informações, as quais não constam no PAEBM para melhor entendimento da área a jusante afetada pela mancha de inundação. A área é dotada de sirenes ativadas a distância por botoeiras localizadas no centro de controle operacional, apresenta terreno predominantemente coberto por floresta densa, com parte ocupada por instalações industriais de apoio a mineração, sendo estas: ferrovia, cinco silos verticais com até 60 m de altura, posto de abastecimento de diesel, centro de controle de operações de ferrovia, oficina de lubrificação, galpão de apoio a processo de movimentação de minério e instalações de beneficiamento de minério.

A área habitada permanentemente apresenta, aproximadamente, 2 km, além de conter vias de acesso permanente para setores no interior do complexo industrial, no qual há trânsito de veículos e equipamentos pesados. O regime de trabalho e permanência de empregados é permanente na área afetada, ou seja, empregados trabalham em regime de turno 24 horas por dia, com população fixa média de 100 pessoas por turno.

### **3.2.4 Participantes do PAEBM (Atores)**

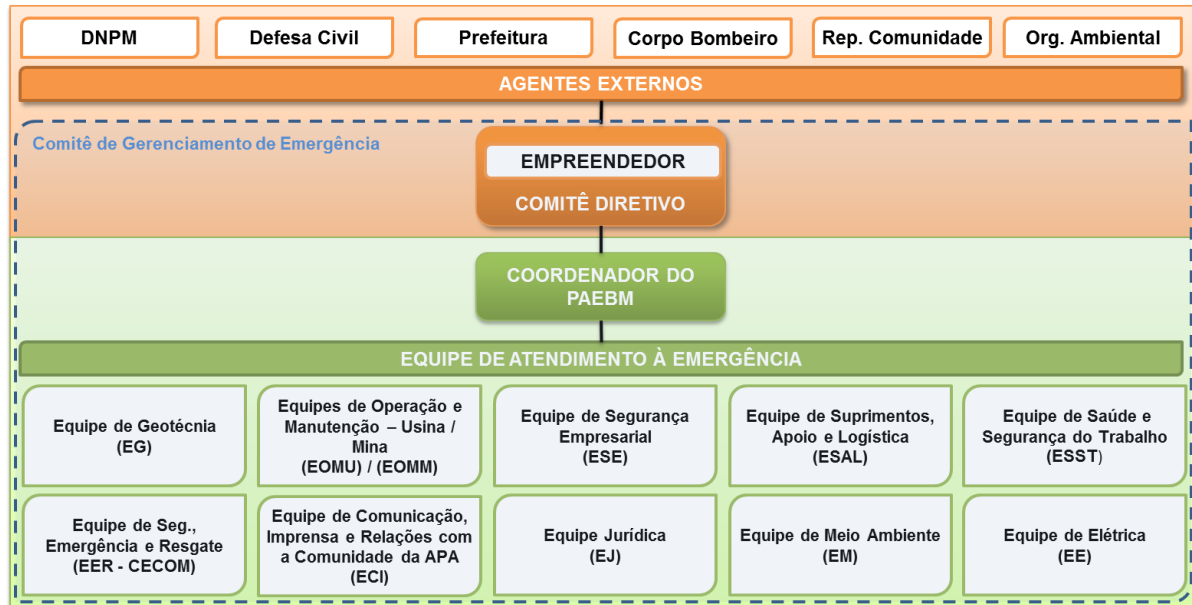
Os atores envolvidos na execução e gerenciamento do PAEBM durante uma emergência, se dividem em dois níveis de atuação, o primeiro interno e o segundo externo. O interno, cuja atuação será exercida pelo empreendedor que têm como responsabilidade a detecção, avaliação e classificação da emergência, a avaliação para a pronta adoção de providências preventivas e mitigadoras e a notificação aos agentes externos.

No segundo nível, atuam os agentes externos (autoridades e órgãos públicos) que têm como responsabilidade a emissão de alertas de evacuação às populações potencialmente afetadas fora da ZAS, entretanto, a Defesa Civil é legalmente responsável por gerenciar o evento de rompimento de barragem dada a gravidade da situação emergencial.

Os atores internos são empregados do empreendedor, subdivididos em dez equipes, conforme atribuições dentro da empresa e com suas respectivas responsabilidades descritas no PAEBM. Os atores externos elencados no PAEBM são o DNPM, Defesa Civil, Prefeitura,

Corpo de Bombeiros Militar, representante da comunidade e órgão ambiental, conforme indicado na Figura 19.

**Figura 19 – Participantes do PAEBM.**



Fonte: PAEBM, 2016.

O Coordenador do PAEBM é o agente definido pelo empreendedor para coordenar as ações descritas no Plano, devendo estar disponível para atuar prontamente nas situações de emergência da barragem e deve ser profissional que tenha capacidade de liderança e total domínio e autoridade para mobilização de equipamentos, materiais e mão de obra a serem utilizados nas ações corretivas ou emergenciais, possuindo ao mesmo tempo ascendência gerencial sobre a equipe e total conhecimento sobre as estruturas que compõem a barragem.

Deve ainda ter pleno conhecimento do conteúdo do Plano, do fluxo de notificações, assegurar a divulgação do Plano e seu conhecimento por todos os participantes, avaliar a gravidade das situações de emergência e classifica-las de acordo com os níveis de emergência, acompanhar as ações realizadas nas situações de emergência, executar as notificações internas e externas cabíveis e elaborar a declaração de encerramento da emergência.

As atribuições dos demais participantes do PAEBM nos casos de situação de emergências da barragem são:

- Equipe de Geotecnia: deslocar-se imediatamente para a barragem quando acionado pelo Coordenador do PAEBM, avaliar e informar o Coordenador sobre situações de

emergência, manter contato constante com o Coordenador durante situações de emergência, realizar as ações descritas nas fichas de emergência e complementar caso necessário, avaliar e classificar o nível de emergência e auxiliar na reclassificação quando necessário, desenvolver ações de reparo necessárias à mitigação / eliminação de um evento de risco, contatar responsável técnico pelo projeto e obra quando necessário e contribuir na elaboração do Relatório de Encerramento de Emergência.

- Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina: executar imediatamente as ações corretivas definidas pela Equipe de Geotecnia, disponibilizar de imediato, máquinas e operadores quando solicitado.
- Equipe de Segurança Empresarial: assegurar a integridade das pessoas e proteger o patrimônio e imagem da empresa, realizar bloqueio de vias, controlar a entrada e movimentação de pessoas e veículos na área da ocorrência, preservar a segurança dos equipamentos e materiais transportados para o atendimento à emergência.
- Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística: apoiar na identificação de abrigos seguros para a população atingida, fornecer transporte para os desabrigados, fornecer insumos necessários para a população afetada (água, alimentos, cobertores, colchonetes, agasalhos, medicamentos essenciais, e outros) e auxiliar a distribuição.
- Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho: prover auxílio psicológico e assistência social aos envolvidos, tomar providências relativas a enterros, manter contato com hospitais, clínicas e deslocar-se para o local do acidente. Estabelecer e divulgar alertas aos empregados próprios e terceiros, avisar empregados de outros turnos para não comparecer ao complexo, dar suporte ao isolamento das áreas de risco, disponibilizar equipamentos de proteção individual para os envolvidos no resgate.
- Equipe de Emergência e Resgate: auxiliar na definição de estratégia de combate a emergência, dar assistência e enviar equipe com recursos necessários para prestar os primeiros socorros às vítimas, auxiliar no cadastro de vítimas e auxiliar na sinalização e isolamento das áreas de risco.
- Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com a Comunidade: assessorar e orientar nos aspectos de comunicação institucional e externa, manter equipe de comunicação preparada, bem como meios de comunicação adequados com infraestrutura necessária para atuar na emergência, coordenar as entrevistas coletivas de imprensa, monitorar a divulgação da situação nas mídias, coordenar ligações telefônicas e denúncias realizadas pela comunidade relativas ao tema, assegurar que

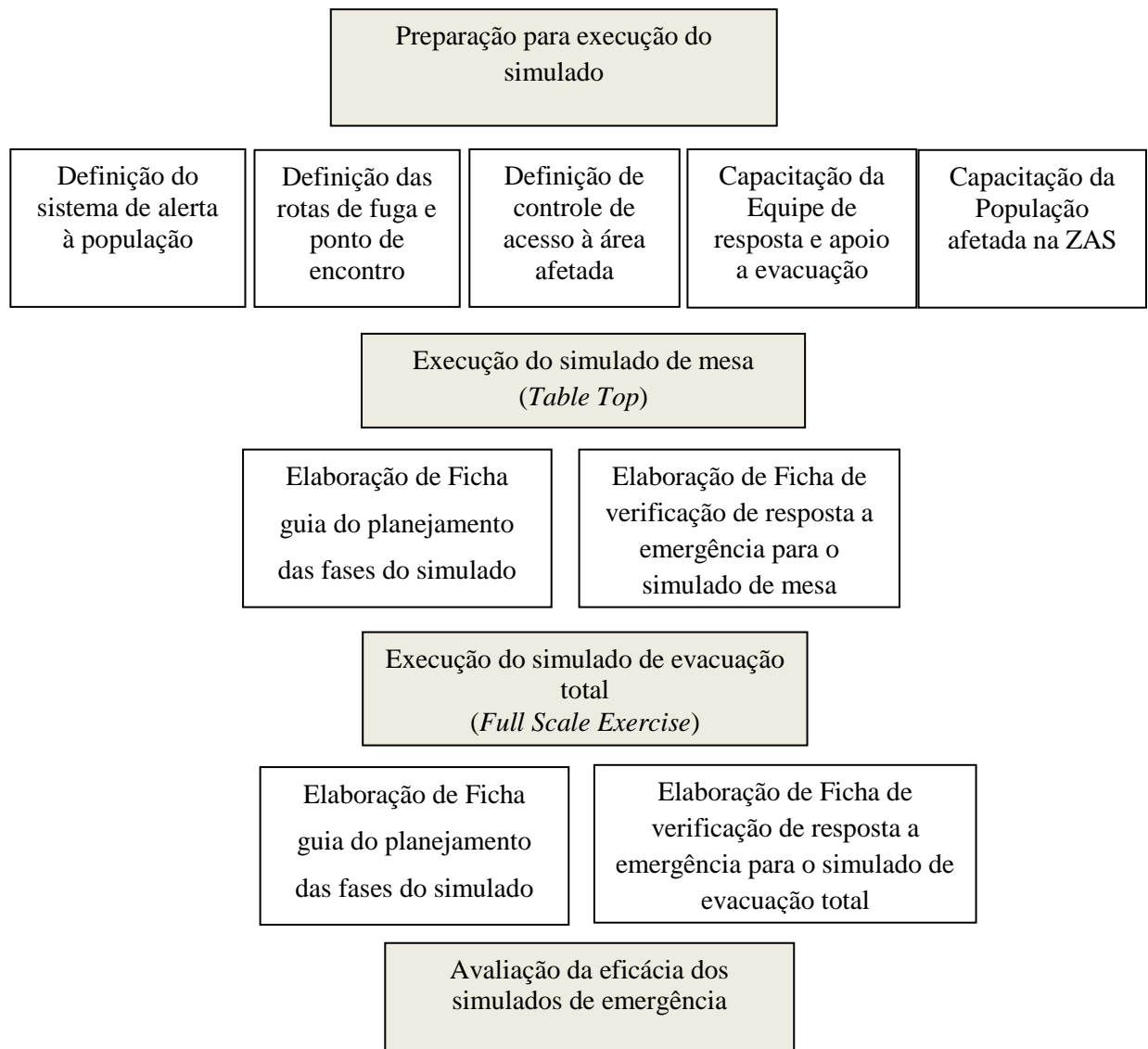
haja pessoa com função de porta voz oficial da empresa e que receba treinamento específico para lidar com comunicações externas.

- Equipe Jurídica: auxiliar o Coordenador do PAEBM na oficialização da emergência no âmbito interno e com órgãos externos, assessora nos assuntos jurídicos relativos ao evento e quanto aos aspectos legais e de vulnerabilidade da empresa relacionados a situação, centralizar o recebimento e responder notificações externas e informes de cunho jurídico e contribuir na elaboração de documentos a serem encaminhados aos órgãos reguladores e fiscalizadores.
- Equipe de Meio Ambiente: deslocar-se imediatamente para o local do acidente, avaliar as condições ambientais do local atingido, realizar o monitoramento ambiental das áreas afetadas, acompanhar e prestar informações aos representantes dos órgãos de meio ambiente e fiscalização.
- Equipe de Elétrica: repassar informações ao Coordenador do PAEBM sobre as condições das redes elétricas, reparar as redes danificadas e acionar empregados e máquinas para atuar na emergência.

#### 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas, sendo a primeira a preparação para execução dos simulados com o envolvimento dos participantes do PAEBM e da população afetada pela mancha de inundação, e posteriormente seguiu-se com a execução do simulado de mesa (*Table Top*) com os participantes do PAEBM, em seguida realizou-se o simulado de evacuação em escala completa (*Full Scale Exercise*) com todos os participantes do PAEBM e com a população afetada pela mancha de inundação e, por fim, a etapa de avaliação da eficácia dos simulados. O fluxograma da Figura 20 apresenta o detalhamento da metodologia adotada.

Figura 20 – Fluxograma das etapas da metodologia da pesquisa.



## 4.1 SIMULADOS DE EMERGÊNCIA

### 4.1.1 Preparação para a execução dos simulados de emergência

Para proceder a execução dos simulados de mesa e de evacuação total, primeiramente foi necessário realizar a etapa de preparação, caracterizada pela definição de critérios indispensáveis à dinâmica dos simulados, sendo estes:

- a) Definição sistema de alerta à população;
- b) Definição de rotas de fuga e Ponto de encontro;
- c) Definição de controle de acesso à área afetada;
- d) Capacitação da Equipe de resposta e apoio a evacuação;
- e) Capacitação da População afetada na zona de autossalvamento (ZAS);

A seguir será detalhado cada critério determinado na etapa de preparação.

#### **a) Definição de Sistema de alerta à população**

Para a barragem em estudo foram utilizadas três sirenes localizadas em pontos distribuídos nas proximidades da ZAS de forma a permitir a audibilidade do som de alerta em toda a área habitada da ZAS. O sistema de sirenes foi interligado a um painel de acionamento por botoeira que foi instalado na central de controle de emergências.

Vale ressaltar que dentro da ZAS o empreendedor é responsável por alertar a população afetada, caso identifique estado de emergência na barragem em tempo hábil para a evacuação, sendo que a forma na qual deve ser conduzido o procedimento de alerta prevê o uso de sirenes.

#### **b) Definição de Rotas de fuga e ponto de encontro**

Para a definição da forma como a evacuação ocorre, partiu-se de visitas de reconhecimento da área a jusante da barragem diretamente afetada pela mancha de inundação, tendo como informação de entrada o tempo em que a onda de inundação chega à área habitada a partir do momento em que se declara estado de emergência na barragem, considerando a iminência de ruptura do barramento.

A definição do ponto de encontro teve como premissa ser um local fora da mancha de inundação, de fácil acesso e capaz de acomodar a população afetada para a contagem de



peçoas. Outro critério para a definição foi de que o local deveria ser fora da mancha de inundação, ser visível a distância e de fácil acesso para toda a população da área afetada.

As rotas de fuga foram definidas considerando o menor percurso possível e seguro para o deslocamento da população afetada até o ponto de encontro.

Os tempos de evacuação foram levados em consideração e medidos a partir dos pontos mais desfavoráveis das instalações a jusante de forma que o ponto de encontro e as rotas de fuga permitissem que toda a população fosse capaz de evacuar a área em tempo hábil (antes da chegada da onda de inundação após a declaração de iminência de ruptura).

As rotas de fuga e o ponto de encontro foram inseridos em foto aérea da área a jusante para utilização posterior na capacitação dos atores e da população afetada, conforme apresentado na Figura 21.

**Figura 21 – Rotas de fuga e ponto de encontro.**



Fonte: Autor.

### c) Controle de acesso à área afetada

Em uma eventual situação de emergência ou iminência de ruptura do barramento, além das ações de evacuação da população a jusante, também é necessário assegurar que pessoas não acessem a área afetada pela mancha de inundação. Logo, devem ser definidos pontos de bloqueio de entrada na área afetada, o que foi feito por meio de visitas de reconhecimento no entorno da área afetada pela mancha de inundação.

O critério da escolha dos pontos de bloqueio tomou como premissa a seleção de local fora da mancha de inundação, em ponto com rota alternativa de acesso que pudesse ser acessada sem passar pela mancha evitando a exposição de pessoas ao risco. Na Figura 22 estão indicados os cinco pontos de bloqueio definidos.

**Figura 22 – Pontos de bloqueio de acessos à área afetada pela mancha de inundação.**



Fonte: Autor.

#### **d) Capacitação da equipe de resposta e apoio a evacuação**

Para a capacitação das equipes envolvidas foi utilizado como base o PAEBM (no qual estão listadas as responsabilidades de cada equipe) e as informações da área afetada pela mancha de inundação para a definição do Sistema de Alerta, Rotas de fuga, Ponto de encontro e Controle de acesso à área afetada.

Após a preparação do material de capacitação foi realizado treinamento individualizado para cada grupo onde também foram repassadas as responsabilidades de cada grupo na operacionalização do Plano, contemplando também visitas em campo na área afetada.

O número de equipes internas totalizou dez grupos, ligadas ao empreendedor e divididas em função da estrutura organizacional da empresa.

#### **e) Capacitação da população afetada na ZAS**

A população da área afetada foi mapeada constatando-se que em cada turno trabalham em média cem pessoas, tendo em vista a ausência esporádica de alguns empregados ao trabalho. O material de capacitação foi concebido para ser o mais simples e visual possível, e foi consolidado em uma apresentação de slides. A apresentação foi dividida em duas partes, sendo a primeira parte uma introdução sobre as medidas de segurança da barragem e a outra parte sobre as ações de emergência com a apresentação da foto aérea do local com as rotas de fuga e ponto de encontro.

A apresentação com as rotas de fuga e ponto de encontro foi transformada em um vídeo educativo mostrando o trajeto de cada instalação para o ponto de encontro. Também foi esclarecido para a população afetada o conceito de zona de autossalvamento (ZAS), em que a própria pessoa deve se retirar da área e dirigir-se para o ponto de encontro ao ouvir a sirene, visto que não haveria tempo suficiente para que as equipes de emergência chegassem ao local para iniciar a evacuação.

Após a preparação do material, a população afetada recebeu a capacitação e obteve conhecimento das Rotas de fuga, Ponto de Encontro e Som emitido pelas sirenes instaladas na ZAS.

### **4.1.2 Execução dos simulados de emergência**

#### *4.1.2.1 Simulado de mesa (Table Top)*

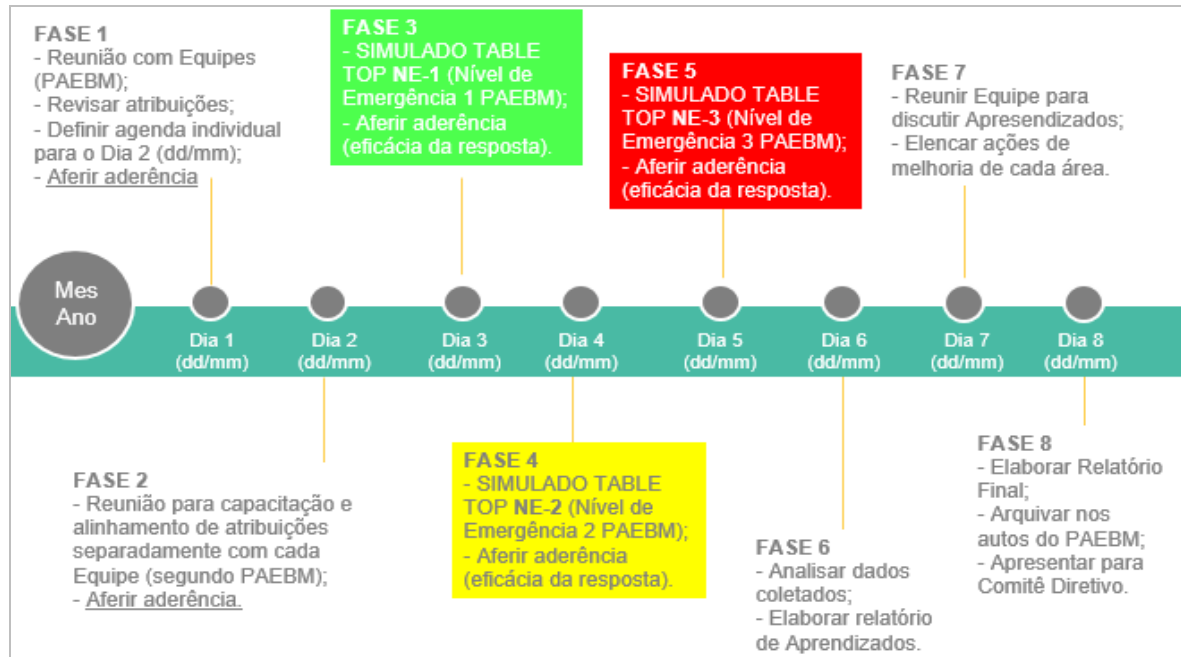
##### *Ficha guia para planejamento das fases do simulado de mesa*

Após a etapa preliminar à execução dos simulados (definições do Sistema de alerta à população; Rotas de fuga e Ponto de encontro; Controle de acesso à área afetada; Capacitação da Equipe de resposta e apoio a evacuação; Capacitação da População afetada na ZAS) procedeu-se à elaboração de uma ficha guia composta pela descrição de oito fases planejadas para o simulado de mesa (Figura 23).

A ficha guia foi necessária para a condução de todo o processo de simulação de forma dinâmica, contendo inclusive, fotografias da barragem com o objetivo de fomentar a

percepção da realidade dos participantes e para delimitar o cenário de emergência. No Apêndice A pode ser verificada a ficha guia contendo todo o detalhamento das oito fases.

**Figura 23 – Ficha guia contendo o planejamento das fases do simulado de mesa.**



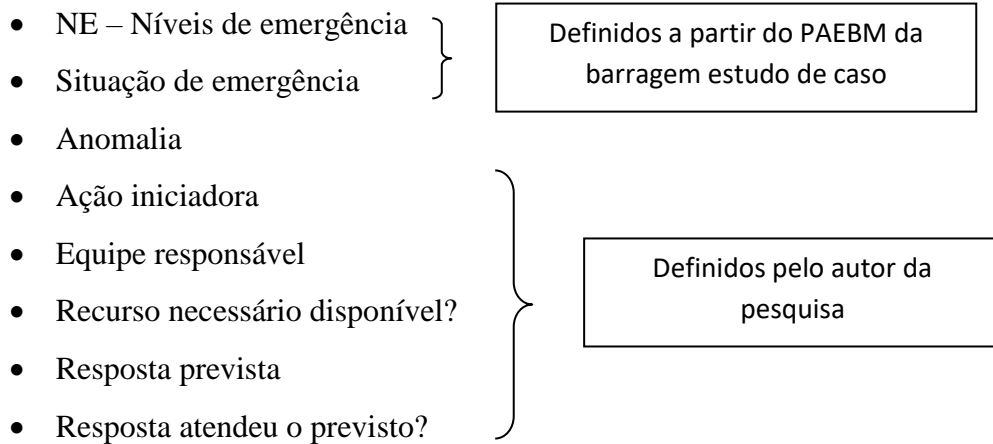
**Fonte: Autor.**

O simulado envolveu todos os grupos listados no PAEBM (Coordenador do PAEBM, Geotecnia, Operação e manutenção de mina e usina, Segurança empresarial, Suprimentos apoio e logística, Saúde e segurança do trabalho, Emergência e resgate, Comunicação imprensa e relações com comunidade, Jurídica, Elétrica e Meio ambiente), seguindo uma sequência cronológica de progressão de situações de emergência (anomalias no barramento).

Vale destacar que devido a complexidade de execução do simulado, cada situação de emergência ocorreu no período de um dia, para que houvesse tempo suficiente para a compilação dos dados gerados durante a execução de cada etapa dos simulados.

#### *Ficha para registro das respostas obtidas no simulado de mesa*

Com o objetivo de registrar as respostas obtidas no simulado de mesa foi elaborado um modelo de ficha contendo todas as informações necessárias para a realização do exercício, sendo cada item detalhado a seguir:



A Figura 24 apresenta o modelo da ficha elaborada para o registro das informações do simulado de mesa.

**Figura 24 - Ficha de verificação de resposta - Simulado de mesa.**

Item	NE (conforme PAEBM)	Situação de Emergência (conforme PAEBM)	Anomalia	Ação iniciadora	Equipe responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto
1	1	Surgência nas áreas à jusante sem carreamento de material e com vazão constante						
2								
3								
4								
5	2	As ações adotadas em N-1 não foram efetivas; a anomalia não foi extinta ou controlada, verificou-se o carreamento de sólidos e aumento de vazão.						
6								
7								
7	3	<i>Piping</i> regressivo com evolução e desenvolvimento de brecha de ruptura, ruptura iminente ou está ocorrendo						
8								
9								

Fonte: Autor.

Na dinâmica do simulado de mesa, selecionou-se como modo de falha da barragem a “percolação não controlada de água (*piping*) no maciço ou na fundação” e suas respectivas situações de emergência, de acordo com o PAEBM da barragem (ver item 3.1.2.1). Este

cenário foi selecionado para o trabalho devido ao estudo de *dam break* realizado no PAEBM indicar este cenário como o de maior possibilidade de causar a ruptura da barragem da Pera Jusante. O estudo de *dam break* da barragem indicou que o volume do reservatório associado às dimensões do sistema extravasor são suficientes para suportar o transito de cheias da chuva decamilenar, o que torna o cenário de *piping* a hipótese mais desfavorável.

Em suma, para cada situação de emergência (compilada do PAEBM), foram definidas anomalias hipotéticas de modo que tais anomalias iam se agravando, até resultar na ruptura do barramento NE-3 (Estado de emergência).

Explicitando melhor todo o processo, definiu-se mudança do cenário NE-1 para NE-2 uma vez que a situação de surgência não foi contida apresentando vazão crescente e carreamento de sólidos. O cenário se mantém e as ações tomadas não são suficientes para conter a surgência, sendo acrescentado na simulação um fator complicador; o desmoronamento de uma bancada do talude a jusante onde se manifestou a surgência, o que altera o cenário de emergência, NE-2 para o N-E 3, sendo necessário dar início a evacuação de toda a população exposta a mancha de inundação.

O procedimento de evacuação trata-se de um momento crucial para o exercício do simulado, pois é nesta circunstância que será avaliada toda a preparação e capacidade de resposta ao evento de ruptura da barragem.

A ficha contendo o preenchimento de todos os itens (90 itens) encontra-se disponível no Apêndice B .

#### *4.1.2.2 Simulado de evacuação completa (Full Scale)*

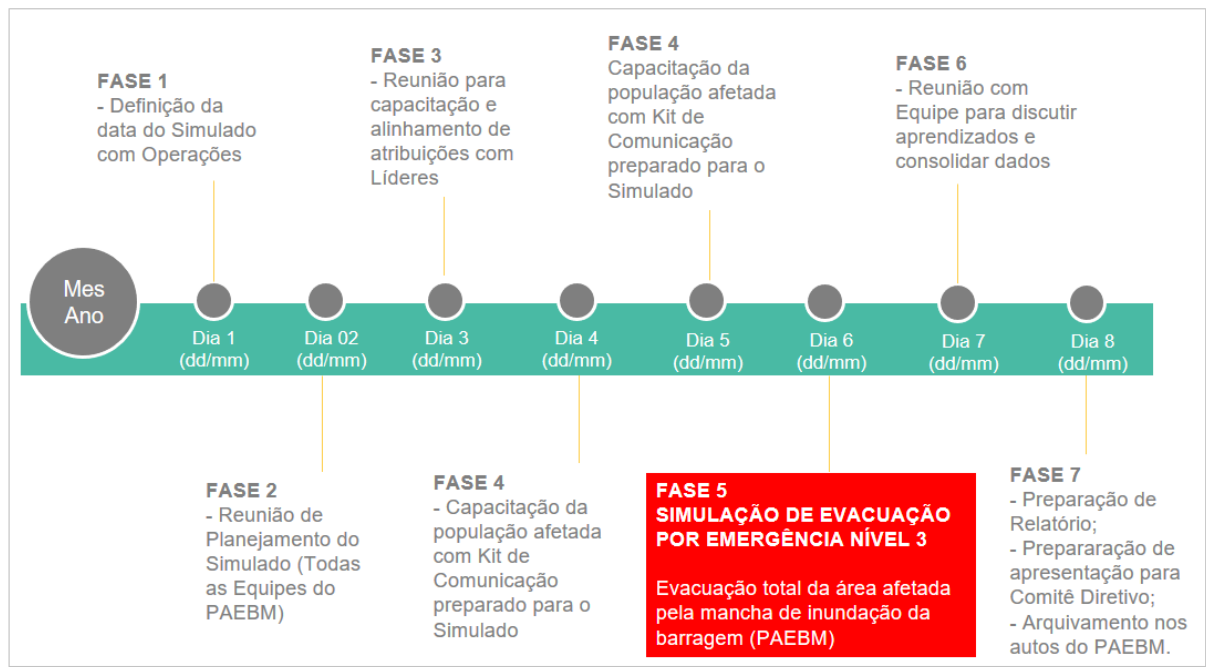
##### *Ficha guia para planejamento e treinamento do simulado de mesa*

A execução do simulado em escala completa (*Full Scale Exercise*) foi realizado sessenta dias após o simulado de mesa. Este intervalo de tempo foi definido para que ocorresse uma discussão acerca dos pontos de melhoria e revisões dos padrões de atuação na resposta a emergência em uma evacuação e conseqüente aprimoramento do planejamento e execução do referido simulado.

Ressalta-se que o simulado de evacuação completa considera a participação de todos os atores ligados ao processo, procedendo com a execução real na prática da evacuação de toda a população a jusante afetada pela mancha de inundação.

Similar à metodologia proposta para o simulado de mesa, foi elaborada a ficha guia contendo o planejamento das oito fases para o simulado de evacuação completa, conforme ilustração na Figura 25.

**Figura 25 – Ficha guia contendo o planejamento das etapas do simulado de evacuação em escala completa.**



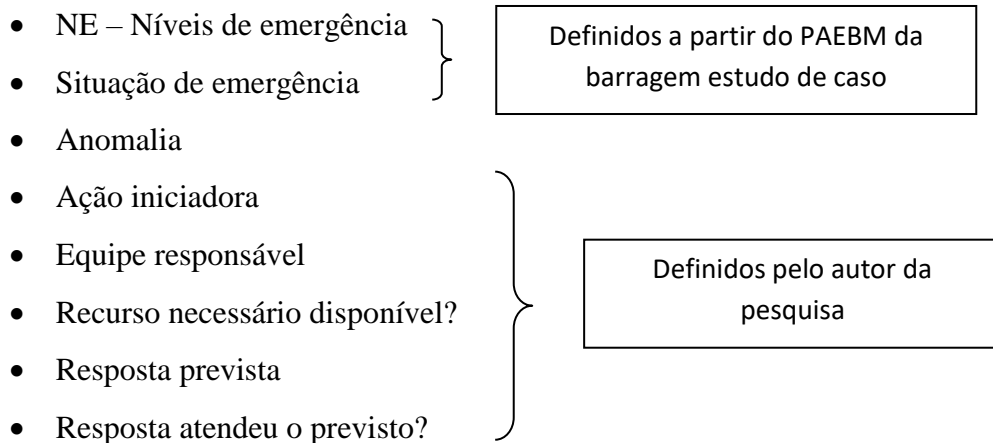
**Fonte: Autor.**

Observa-se que para o planejamento da simulação de evacuação completa considerou-se apenas o NE-3, considerando o mesmo modo de falha trabalhado no simulado de mesa e pré-definido no PAEMB da barragem; “percolação não controlada de água (*piping*) no maciço ou na fundação”. Adotou-se a hipótese de que a infiltração de água no maciço não fora controlada, tendo ainda a ocorrência de três dias de fortes chuvas, o que provocou a elevação do nível do reservatório e consequentemente a ruptura da barragem.

Logo, foi necessário realizar o procedimento de evacuação total da população exposta, o que julga-se tratar de um momento crucial para avaliação da eficácia dos treinamentos com todo o pessoal envolvido.

#### *Ficha para registro das respostas obtidas no simulado de evacuação completa*

Com o objetivo de registrar as respostas obtidas no simulado de evacuação completa foi elaborado um modelo de ficha, similar ao aplicado no simulado de mesa, contendo todas as informações necessárias para a realização do exercício, sendo cada item detalhado a seguir:



A Figura 26 apresenta o modelo da ficha elaborada para o registro das informações do simulado de evacuação em escala completa.

**Figura 26 – Ficha de verificação de resposta – Simulado de evacuação completa.**

Item	NE (conforme PAEBM)	Situação de Emergência (conforme PAEBM)	Anomalia	Ação iniciadora	Equipe responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto
1	3	Pipinç com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura, ruptura eminente ou está ocorrendo.						
2								
3								
4								

Fonte: Autor.

Em suma, para a situação de emergência (compilada do PAEBM), foram definidas anomalias hipotéticas de modo que tais anomalias iam se agravando, até resultar na ruptura do barramento. Explicitando melhor o processo, simulou-se que as ações adotadas no NE-2 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada, culminando para o NE-3 (Estado de emergência).

No apêndice B pode ser verificada a ficha contendo o preenchimento de todos os itens (15 itens).

Destaca-se que em função da complexidade de execução do simulado de evacuação em escala completa, foi necessário realizar um trabalho prévio de três dias anteriores à simulação, reforçando a capacitação dos líderes e de toda a população afetada, com o objetivo de evitar pânico e divulgação de informações distorcidas no dia do teste.



## 4.2 Avaliação da eficácia dos simulados de emergência

Após o preenchimento das fichas de resposta à emergência elaboradas para os dois casos de simulados foi verificado, por parte de quatro observadores, o número de itens que atenderam às respostas previstas, conforme as situações de emergência hipotéticas simuladas.

Estas verificações foram contabilizadas em fichas, denominadas de ficha de verificação de eficácia, conforme modelos indicados nas Figuras 27 e 28.

Desta forma, a consolidação dos resultados registrados nas fichas permitiu avaliar o percentual de eficácia dos simulados, ou seja, o nível de aderência de toda a logística envolvida no processo, por meio do quociente entre o número de itens que atenderam as indicações previstas no simulado e o total de itens definidos nos simulados.

$$\text{Percentual de eficácia} = \frac{\text{n.º de itens em conformidade com as respostas previstas}}{\text{Total de itens avaliados}} \times 100$$

**Figura 27 – Ficha para verificação da eficácia - Simulado de mesa.**

Avaliação da resposta por Nível de Emergência	Itens avaliados	Itens conforme resposta prevista	Itens não conforme resposta prevista	Percentual de eficácia (%)
Nível de Emergência 1				
Nível de Emergência 2				
Nível de Emergência 3				
<b>TOTAL</b>				

Fonte: Autor.

**Figura 28 – Ficha para verificação da eficácia – Simulado de evacuação completa.**

Avaliação da resposta do simulado de evacuação	Itens avaliados	Itens conforme resposta prevista	Itens não conforme resposta prevista	Percentual de eficácia (%)
Nível de Emergência 3				
<b>TOTAL</b>				

Fonte: Autor.

## 5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE EFICÁCIA DO SIMULADO DE MESA (*TABLE TOP EXERCISE*)

Os dados foram estratificados considerando o percentual de eficácia do simulado por nível de emergência e por Equipe do PAEBM de forma a possibilitar a análise de resultados detalhando os aspectos relevantes de cada Equipe e do nível de emergência consolidado buscando discutir os resultados com os enfoques citados.

#### *Resposta do simulado de mesa por Nível de Emergência*

A Tabela 1 apresenta o percentual de eficácia do simulado de mesa verificado para cada nível de emergência, assim como, o valor médio da eficácia obtido para o simulado.

**Tabela 1 – Percentual de eficácia do simulado de mesa por nível de emergência NE-1, NE-2 e NE-3.**

Avaliação da resposta por Nível de Emergência	Itens avaliados	Itens conforme resposta prevista	Itens não conforme resposta prevista	Percentual de eficácia (%)
Nível de Emergência 1 (NE-1)	25	21	4	84,00%
Nível de Emergência 2 (NE-2)	48	40	8	83,33%
Nível de Emergência 3 (NE-3)	17	14	3	82,35%
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>15</b>	<b>83,33%</b>

**Fonte: Autor.**

Observou-se que os percentuais alcançados entre os níveis foram aproximados, sendo que o cenário NE-1 obteve maior eficácia (84,0%) enquanto que o NE-3 apresentou o menor percentual (82,35%). Este desempenho apresenta coerência, uma vez que a medida que o NE vai se agravando, torna-se mais difícil atender as demandas necessária para o controle das situações de emergência.

*Resposta do simulado de mesa com foco na atuação das equipes considerando os 3 níveis de emergência*

Constatou-se que o percentual de aderência das respostas previstas está intimamente correlacionado com o desempenho das equipes envolvidas em todo o processo, uma vez que as respostas previstas são no caso, ações esperadas pelas equipes responsáveis tendo em vista o combate das situações emergenciais. Logo, foi avaliado também o nível de eficácia das equipes para obter-se o melhor entendimento dos resultados no geral (Tabela 2).

**Tabela 2 – Resultado da eficácia das equipes no simulado de mesa (considerando a contribuição dos três níveis de emergência).**

<b>Equipes do PAEBM</b>	<b>Itens avaliados</b>	<b>Itens conforme resposta prevista</b>	<b>Itens não conforme resposta prevista</b>	<b>Percentual de eficácia (%)</b>
Coordenador do PAEBM	27	19	8	70,37%
Equipe de Geotecnia	16	15	1	93,75%
Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina	2	2	0	100,00%
Equipe de Segurança Empresarial	4	4	0	100,00%
Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	6	5	1	83,33%
Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	5	4	1	80,00%
Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	5	5	0	100,00%
Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	9	7	2	77,78%
Equipe Jurídica	4	4	0	100,00%
Equipe de Meio Ambiente	7	7	0	100,00%
Equipe de Elétrica	5	3	2	60,00%
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>15</b>	<b>83,33%</b>

**Fonte: Autor.**

Ao analisar a Tabela 2 foi possível verificar que:

- A atuação das Equipes de Operação e Manutenção de Usina e Mina, Segurança Empresarial, Suprimentos Apoio e Logística, Segurança Emergência e Resgate, Jurídica e de Meio Ambiente alcançou 100,00% de eficácia nas respostas previstas para o simulado, indicando que tais grupos atuaram com pessoas totalmente aderentes à demanda imposta pela simulação de emergência e em número suficiente para realizar as ações;
- A atuação do coordenador do PAEBM nas situações de emergência obteve a menor eficácia, sendo possível diagnosticar que tal situação ocorreu devido a carga de

atribuições concentrada ao profissional no momento do simulado, ressaltando-se ainda os efeitos do ambiente estressante intrínseco na dinâmica do simulado . Dentre os 27 itens, 8 não atenderam a resposta prevista para o simulado, resultando em 70,37% de eficácia. Desta forma, percebeu-se a necessidade de maior preparo ou subdivisão do profissional atuante na coordenação do PAEBM;

- A equipe de Geotecnia foi o segundo grupo com maior número de atribuições, ao todo 16 itens para avaliação, dos quais apenas 01 item não atendeu a resposta, sendo este o *tempo de enchimento do reservatório com a anomalia de obstrução do extravaso*. Constatou-se que deve ser elaborado cálculo do tempo de enchimento para cada barragem e seja incluído de forma mais clara nas fichas de emergência na próxima revisão do PAEBM;
- A Equipe de Suprimentos Apoio e Logística obteve um 01 não conforme, refletindo em uma eficácia de 80,00%. O item não conforme teve relação com o *desconhecimento de rotas de ônibus para desloca-se até o ponto de encontro* por todos os motoristas e com o *transporte da população para local seguro*, o que foi entendido como falha de comunicação interna no setor de transporte, em função da grande quantidade de motoristas e variação de horários de trabalho em turnos e folgas. Esta falha representa oportunidade de melhoria para o processo com a elaboração de rotograma para remoção das pessoas nos pontos de encontro, de forma a manter a informação disponível para todos os motoristas que atuam no *site* e que porventura estejam atuando no horário de uma eventual ruptura;
- A Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho obteve 80,00% de eficácia, apresentando 01 item não conforme, sendo este a *desconhecimento de sua atribuição de informar à Segurança Empresarial que os empregados do turno não adentrem ao site* e se deu em função da equipe não atentar para esta função, devido não ser atribuição direta desta equipe;
- A Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com a comunidade apresentou 02 itens não conformes, indicando eficácia de 77,78%. Os itens não conformes tiveram relação com a *preparação de local dotado de infraestrutura para coletivas de imprensa*, o que foi necessário nos NE-2 e NE-3 em função da necessidade de comunicação da evacuação preventiva (antes da iminência de ruptura no NE-2) ou a evacuação pós- ruptura (na iminência da ruptura no NE-3), visto que ambos os níveis

de emergência, a comunicação com imprensa, agentes públicos e comunidade necessitariam de uma sala de imprensa com equipamentos e infraestrutura necessária;

- A Equipe de Elétrica recebeu 02 itens não conformes correspondendo a 60,00% de eficácia. Os itens não conformes estão relacionados ao *não conhecimento detalhado das redes elétricas afetadas a jusante, desconhecimento das formas de atuar no desligamento, monitoramento de danos e eventual preparação para reestabelecimento da alimentação de energia nas áreas atingidas*. Verificou-se ainda que, as respostas não conformes ocorreram em função do gestor da área de Elétrica ser um funcionário recém-contratado, o que indicou um ponto de atenção aplicável a todo o processo do PAEBM, que é justamente a atenção às mudanças e chegada de novas pessoas que possuem atribuições dentro do plano, de forma a garantir que, em caso de mudança de atores, a capacitação deve ser refeita.

#### *Resposta do simulado de mesa com foco na atuação das equipes para o NE-1*

Ao simular o NE-1, verificou-se que o percentual de aderência médio da atuação das equipes foi correspondente a 84,00% do total de itens avaliados, conforme indicado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Percentual de eficácia por área/equipe NE-1.**

<b>Equipes do PAEBM (Nível de Emergência NE-1)</b>	<b>Itens avaliados</b>	<b>Itens conforme resposta prevista</b>	<b>Itens não conforme resposta prevista</b>	<b>Percentual de eficácia (%)</b>
Coordenador do PAEBM	9	6	3	66,67%
Equipe de Geotecnia	14	13	1	92,86%
Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina	2	2	0	100,00%
Equipe de Segurança Empresarial	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe Jurídica	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Meio Ambiente	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Elétrica	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>84,00%</b>

**Fonte: Autor.**

As seguintes análises foram extraídas da Tabela 3:

- A Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina teve 100% de conformidade nas respostas previstas no simulado, indicando que este grupo de fato estava capacitado e preparado para cumprir suas atribuições durante uma eventual emergência;
- O Coordenador do PAEBM apresentou a menor eficácia (66,67%) neste nível de emergência. Dos três itens não conformes o de maior impacto no processo de resposta ao simulado foi a deficiência ao “*Organizar as ações de tratamento dos problemas e definir qual será a estratégia de ataque para evitar o congestionamento de equipamentos na barragem (Item 25 Apêndice A)*”, visto que neste quesito a mobilização de todos os equipamentos ao mesmo tempo iria bloquear o acesso à barragem e comprometer o tempo de resposta. Neste caso, deveria ter sido dedicado mais tempo para discutir com a equipe técnica e verificar qual anomalia seria tratada prioritariamente, enviando somente os equipamentos para a mesma;
- Ao analisar os itens atribuídos à Equipe de Geotecnia verificou-se que houve apenas um item não conforme, porém de relevante impacto no processo de resposta a emergência com a anomalia de obstrução ao extravasor com a deficiência ao “*Informar ao coordenador do PAEBM o tempo que o reservatório suporta com o extravasor obstruído (Item 22 Apêndice A)*”, visto que este quesito é fundamental para que se saiba o tempo disponível para realizar a desobstrução do extravasor ou até mesmo para definir se esta anomalia é deve ser priorizada em detrimento à anomalia da surgência no pé da barragem. Neste caso, após a conclusão do simulado o tempo foi calculado para o enchimento do reservatório seria de 100 horas.

#### *Resposta do simulado de mesa com foco na atuação das equipes para o NE-2*

Ao simular o nível de emergência NE-2 obteve-se um percentual de eficácia médio da equipe igual a 83,33%, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Percentual de eficácia por área/equipe NE-2.

Equipes do PAEBM (Nível de Emergência NE-2)	Itens avaliados	Itens conforme resposta prevista	Itens não conforme resposta prevista	Percentual de eficácia (%)
Coordenador do PAEBM	12	8	4	66,67%
Equipe de Geotecnia	2	2	0	100,00%
Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Segurança Empresarial	3	3	0	100,00%
Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	5	4	1	80,00%
Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	5	4	1	80,00%
Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	4	4	0	100,00%
Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	6	5	1	83,33%
Equipe Jurídica	3	3	0	100,00%
Equipe de Meio Ambiente	5	5	0	100,00%
Equipe de Elétrica	3	2	1	66,67%
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>	<b>40</b>	<b>8</b>	<b>83,33%</b>

Fonte: Autor.

De acordo com a Tabela 4 foi possível constatar que:

- As Equipes de Geotecnia, Segurança Empresarial, Segurança Emergência e Resgate, Jurídica e de meio Ambiente tiveram 100,00% de conformidade nas respostas previstas no PAEBM;
- O Coordenador do PAEBM e a Equipe de Elétrica apresentaram a menor aderência neste nível de emergência (66,67%). Dos quatro itens não conformes do Coordenador do PAEBM, o de maior impacto no processo de resposta a emergência foi a deficiência ao não “*Ordenar imediatamente o Estado de Prontidão na Zona de Autossalvamento (Item 36 Apêndice A)*”. Considerando ainda que neste nível de emergência ainda é possível corrigir a anomalia na barragem, a declaração de estado de prontidão para a população a jusante foi evitado para não gerar pânico. Contudo, o princípio de atuação do PAEBM é atuar com a maior antecedência possível para evitar no caso de uma ruptura, que existam pessoas na área de risco, portanto, a conduta esperada deve ser a mais conservadora; realizar a evacuação da população mesmo que ainda não tenha sido declarado o NE-3;
- O item não conforme da Equipe de Elétrica foi o não “*Conhecimento das redes elétricas na área a jusante e se há alternativas caso se danifiquem (Item 68 Apêndice A)*”, o que não foi considerado relevante para a situação de emergência, entretanto apresenta maior relevância para as ações de restabelecimento das operações pós-

ruptura. Contudo, verificou-se que esta não conformidade ocorreu em função do gestor da Equipe de Elétrico ser um funcionário recém-contratado, portanto de pouca experiência na área de redes de distribuição de energia do complexo minerador. Este fato indicou um ponto de atenção aplicável a todo o processo do PAEBM que é justamente a atenção às mudanças de funcionário que possuam atribuições definidas no plano;

- A Equipe de Suprimentos Apoio e Logística, e a Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho tiveram um item não conforme cada e obtiveram 80,00% de eficácia. O item não conforme da Equipe de Suprimentos Apoio e Logística foi o não *“Conhecimento dos motoristas do ponto em que devem buscar as pessoas (Item 48 Apêndice A)”*, o que não foi considerado relevante em função de representar apenas um tempo maior para buscar as pessoas no ponto de encontro que está fora da mancha de inundação. O item não conforme da Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho foi o não *“Conhecimento do tempo previsto para informar aos empregados dos Turnos para não subir para o Site (Item 50 Apêndice A)”*, o que não foi considerado relevante em função desta ação também ser realizada pela Equipe de Segurança Empresarial ao fechar as Portarias do Site, o que também não gera risco para as pessoas;
- A Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com a Comunidade computou um item não conforme (83,33% de eficácia), sendo este a indefinição ou o não *“Conhecimento de local onde serão feitas as coletivas de imprensa e se está disponível (Item 57 Apêndice A)”*, visto que o cenário simulado envolveria um grande número de pessoas da mídia externa e ainda não havia um local destinado para tal evento com os equipamentos e infraestrutura necessária.

Verificou-se no simulado que houve certo receio em decretar a situação de prontidão no NE-2, no qual, hipoteticamente a anomalia da barragem ainda poderia ser corrigida e voltar à operação normal. Considera-se que as pessoas em posições de liderança e com poder de decisão dentro do PAEBM devem adotar posturas conservadoras, mesmo que gere desconfortos para a população sempre primando por medidas preventivas.

A premissa para o processo decisório de Coordenadores de PAEBM deve ser sobretudo a proteção das pessoas a jusante. É compreensível que se evite alertar a população a jusante sem que se tenha certeza que a barragem está em risco iminente de ruptura, mas a tomada de decisão de evacuar a população deve ser realizada em tempo hábil e mesmo que a



barragem não rompa, o inconveniente causado será infinitamente menor do que se a barragem tivesse rompido e a população não tivesse sido avisada em tempo hábil.

Considera-se que o trabalho de capacitação da população que ocupa a área a jusante de barragens deve ser capaz de conscientizar as pessoas para a possibilidade de evacuação da área em caráter preventivo no nível de emergência NE-2, de forma a garantir que, caso sejam necessárias obras de recuperação de anomalias mais graves no NE-2, a Coordenação de PAEBM possa evacuar a área a jusante e garantir a absoluta certeza que se o quadro da anomalia evoluir para a ruptura as pessoas já estarão fora da área de risco.

#### *Resposta do simulado de mesa com foco na atuação das equipes para o NE-3*

Ao simular o nível de emergência NE-3, verificou-se eficácia à resposta igual a 82,35% para as equipes, conforme apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5 – Percentual de eficácia por área/equipe NE-3.**

<b>Equipes do PAEBM (Nível de Emergência NE-3)</b>	<b>Itens avaliados</b>	<b>Itens conforme resposta prevista</b>	<b>Itens não conforme resposta prevista</b>	<b>Percentual de eficácia (%)</b>
Coordenador do PAEBM	6	5	1	83,33%
Equipe de Geotecnia	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Segurança Empresarial	1	1	0	100,00%
Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	1	1	0	100,00%
Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	1	1	0	100,00%
Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	3	2	1	66,67%
Equipe Jurídica	1	1	0	100,00%
Equipe de Meio Ambiente	2	2	0	100,00%
Equipe de Elétrica	2	1	1	50,00%
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>82,35%</b>

**Fonte: Autor.**

Com base na Tabela 5 foi possível observar as seguintes situações:

- As Equipes de Segurança Empresarial, Suprimentos Apoio e Logística, Segurança Emergência e Resgate, Jurídica e de meio Ambiente alcançaram 100,00% de eficácia no processo;

- A Equipe de Elétrica apresentou a menor eficácia neste nível de emergência (50,00%), sendo a menor aderência de todos os níveis de emergência analisados. O item não conforme para esta equipe foi o não “*Conhecimento da rede elétrica afetada e condições dos danos da mesma pós ruptura e o conhecimento das ações de monitoramento de danos (Item 89 Apêndice A)*”, o que não foi considerado relevante para a situação de emergência, assim como no nível de emergência NE-2 citado anteriormente;
- A Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com a Comunidade obteve uma não conformidade, resultando em 83,33% de eficácia. O item não conforme permaneceu o mesmo do NE-2 em função de também ser necessário local dotado com infraestrutura para coletivas de imprensa, caso o Coordenador do PAEBM ordenasse a evacuação preventiva da área afetada. Logo, o item não conforme foi a indefinição ou o não “*Conhecimento de local onde serão feitas as coletivas de imprensa e se está disponível (Item 83 Apêndice A)*”, visto que o cenário simulado no NE-3 pós ruptura envolveria um grande número de pessoas da mídia externa certamente maior que no NE-2, e no decorrer do simulado, não houve tempo hábil para preparar um local destinado para tal evento com os equipamentos e infraestrutura necessária.

## 5.2. RESULTADO DA AVALIAÇÃO DE EFICÁCIA DA RESPOSTA À SIMULAÇÃO DE EVACUAÇÃO DE CAMPO EM ESCALA COMPLETA (*FULL SCALE EXERCISE*)

### *Resposta do simulado de evacuação em escala completa*

Ao simular a evacuação da área a jusante, nível de emergência NE-3 (situação de emergência ruptura da barragem) verificou-se que o percentual de eficácia correspondeu a 93,33%, conforme registros da Tabela 6.

**Tabela 6 – Resultado da verificação da resposta (percentual de eficácia do nível de emergência NE-3 avaliado no simulado de evacuação completa).**

Equipes do PAEBM	Itens avaliados	Itens conforme resposta prevista	Itens não conforme resposta prevista	Percentual de eficácia (%)
Coordenador do PAEBM	3	3	0	100,00%
Equipe de Geotecnia	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina	1	1	0	100,00%
Equipe de Segurança Empresarial	3	3	0	100,00%
Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	1	1	0	100,00%
Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	1	1	0	100,00%
Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	6	5	1	83,33%
Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Equipe Jurídica	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Equipe de Meio Ambiente	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
Equipe de Elétrica	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>93,33%</b>

**Fonte: Autor.**

Vale destacar que para este simulado, houve a participação de cento e dezessete pessoas, sendo que noventa e cinco são empregados que laboram nas instalações industriais contidas dentro da mancha hipotética de inundação e vinte e duas pessoas participaram da organização do simulado.

Portanto, foi possível analisar as seguintes situações com base na Tabela 6:

- O Coordenador do PAEBM e as Equipes de Operação e Manutenção de Usina e Mina, Segurança Empresarial, Suprimentos Apoio e Logística, Saúde e Segurança do Trabalho, obtiveram 100,00% de eficácia na sua atuação previstas no simulado, indicando que estes grupos estavam com dimensionamento e preparação de pessoas adequados à demanda imposta pela simulação de emergência;
- O único item que não atendeu às respostas previstas para o simulado foi a *verificação se todos os indivíduos evacuaram a área*, direcionando-se para o ponto de encontro. Foi detectada a permanência de pessoas na área afetada, portanto, houve uma falha importante na seguinte verificação “Todas as pessoas que estavam na área afetada após o acionamento das sirenes evacuaram a área”? (Item 12 Apêndice C). No momento do simulado haviam noventa e cinco pessoas na área afetada, das quais oitenta e cinco se deslocaram para o ponto de encontro, tal como previsto no

planejamento do simulado, enquanto dez indivíduos permaneceram na área afetada. Em termos percentuais, 89,47% das pessoas cumpriram os procedimentos de emergência adequadamente (evacuação da área ao ouvir a sirene). Verificou-se assim que 10 pessoas ouviram as sirenes, sendo que 08 destas não evacuaram devido aguardarem algum funcionário para resgata-los no local. Esta situação indicou que o treinamento preparatório não foi claro o suficiente para que os envolvidos entendessem que na ZAS, os próprios indivíduos são responsáveis pelo deslocamento para o ponto de encontro, em função de não haver tempo hábil para alguém resgatá-los. Ao entrevistar as outras 02 pessoas que também ficaram na área afetada, verificou-se que as mesmas pertenciam a empresa terceirizada, e que naquele dia estavam “cobrindo folga” de outras duas pessoas, o que indica um ponto de extrema atenção para o processo de emergência de barragens, visto que a população não fixa no local também precisa ser treinada para obter o conhecimento dos procedimentos. O tempo de evacuação total foi igual a onze minutos contados a partir do local mais distante do ponto de encontro, o que indica que haveria tempo hábil para evacuação no caso de uma ruptura, uma vez que a onda de inundação levaria quinze minutos para chegar ao local onde há população fixa, segundo estudos apresentados no PAEBM;

- O teste de acionamento remoto das sirenes através de botoeira localizada no centro de controle alcançou o objetivo e todo o sistema funcionou conforme o esperado. O som das três sirenes ligadas simultaneamente foi percebido por todos os presentes em todas as áreas afetadas.

Mesmo que não seja possível afirmar que a preparação para uma emergência com barragem seja capaz de assegurar que não haja vítimas, considera-se que a resposta a emergência após a preparação e simulados aumenta sobremaneira a capacidade da população de responder adequadamente e minimizar as consequências para a vida humana, principalmente quando a população é incluída em todo o processo, de forma transparente e participativa.

Foi possível perceber também que a participação da população em todo o processo é fator determinante do sucesso da preparação e resposta a emergências com barragens de mineração, principalmente por viabilizar a comunicação e conhecimento de todos acerca do papel de cada indivíduo.

## 6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento da pesquisa possibilitou a definição e a validação de uma metodologia de preparação e avaliação de resposta dos exercícios simulados de emergência, sendo estes, os simulados de mesa e o de evacuação completa, aplicados à barragem de mineração Pera Jusante.

O estudo permitiu ainda que o empreendedor atendesse às exigências da legislação específica, a Portaria do DNMP nº. 70.389/17 que recomenda que sejam realizados exercícios simulados no ambiente da empresa, permitindo assim que a população e os agentes envolvidos no Plano de Emergências da ZAS tomem conhecimento das ações previstas e recebam treinamentos de como proceder em casos de situação de emergência real.

Neste sentido, diversas lições foram adquiridas com o desenvolvimento dos simulados, a saber:

- a) A etapa de preparação das Equipes do PAEBM, no que tange a sua implementação foi bastante complexa, uma vez que envolveu um grande número de áreas do conhecimento e consequentemente de profissionais. Percebeu-se que deve haver a busca de melhoria contínua para que a eficácia do processo possa alcançar cada vez mais resultados satisfatórios.
- b) A execução dos simulados possibilitou o conhecimento da capacidade de responder a uma eventual situação de emergência; resultando em uma resposta bastante positiva, uma vez foram atingidos percentuais de eficácia maiores do que 80%, (83,33% para o simulado de mesa e 93,33% para o simulado de evacuação total).
- c) O simulado de mesa proporcionou um importante aprendizado ao testar os atores em suas responsabilidades e também a disponibilidade de recursos (pessoas especializadas, equipamentos e insumos) para que em uma eventual situação real, a resposta fosse eficaz. O índice de conformidades alcançado foi satisfatório e demonstrou que as equipes estão preparadas para responder a eventuais emergências com a barragem, entretanto, cabe ressaltar a necessidade de aprimoramento na capacitação das equipes que não atingiram 100% de conformidade.
- d) O ponto de menor eficácia verificada no simulado de mesa foram as demandas direcionadas ao coordenador do PAEBM (70,37%), o que representa 8 itens não conformes de 27 avaliados. Observou-se que a função de Coordenador é a mais complexa por ser o ator que desencadeia todas as ações dos demais atores, ou seja, a

preparação insuficiente do Coordenador pode comprometer a atuação dos outros grupos.

- e) O simulado de evacuação completa agregou bastante valor ao processo, uma vez que apontou oportunidades de melhorias no controle de pessoas nas áreas afetadas pela mancha de inundação. Esta constatação é plausível de ocorrer em qualquer barragem de mineração com população fixa nas áreas a jusante, o que torna o controle de pessoas nestas áreas de risco uma questão crucial no processo de gestão de emergências de barragens.
- f) A simulação de evacuação total obteve eficácia acima de 90%, demonstrando que o processo de preparação dos atores e da população envolvida alcançou resultado bastante satisfatório. Um ponto de fragilidade foi relacionado a uma pequena parte da população fixa não ter evacuado a área; as entrevistas indicaram falhas de comunicação, tendo que haver implementação de melhoria no sistema de alerta com inclusão de mensagem de voz nas sirenes, reforçando a informação de evacuação.

Por fim, espera-se que a presente pesquisa venha contribuir para o aprimoramento das metodologias de preparação e resposta a emergências com barragens de mineração, sendo utilizada para aperfeiçoar o processo de mineradoras que já praticam ações similares, e sobretudo, mineradoras que ainda iniciam os trabalhos relativos à preparação e resposta a emergências nas comunidades em que estão inseridas, tendo em vista a segurança da população a jusante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULWAHID, W. M.; PRADHAN, B. Landslide vulnerability and risk assessment for multi-hazard scenarios using airborne laser scanning data (LiDAR). **Landslides**. v. 14, p. 1057-1076. 2017.

AGORAMOORTHY, G. The future of India's obsolete dams: Time to review their safety and structural integrity. **Futures**. v. 67, p. 22-25. 2015.

AGURTO-DETZEL, H.; BIANCHI, M.; ASSUMPÇÃO, M.; SCHIMMEL, M.; COLLAÇO, B.; CIARDELLI, C.; BARBOSA, J. R.; CALHAU, J. The tailings dam failure of 5 November 2015 in SE Brazil and its preceding seismic sequence. **Geophysical Research Letters**. v. 43, p. 4929-4936, May. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Sistema nacional de informações sobre segurança de barragens: gráficos e relatório de barragens cadastradas no Sistema. Abr. 2018. Disponível em: <<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/graficos/datazen>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

AUSTRALIAN NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS – ANCOLD. Guidelines on tailings dam design, construction and operation. Australia. p. 65. 1999.

ARPINI, N. Reportagem G1: Polícia Federal lista falhas da Samarco com barragem rompida. **Portal de Notícias G1**. Jun. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/espirito-santo/desastre-ambiental-no-rio-doce/noticia/2016/06/pf-lista-falhas-que-levaram-barragem-da-samarco-romper.html>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13078**: Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água. Rio de Janeiro, 2017.

BALBI, D. A. F. **Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações induzidas por barragens: estudo de caso Barragem de Peti – MG**. 2008. 336f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

BAUDOIN, M.; SENLY-SHEPARD, S.; FERNANDO, N.; SITATI, A.; ZOMMERS, Z. From Top-Down to “Community-Centric” approaches to early warning systems: exploring pathways to improve disaster risk reduction through community participation. **Int J Disaster Risk Sci**. v. 7, p. 163-174. 2016.

BISSOLVI-DALVI, M. **ISMAS: A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais**. 2014. 195f. Tese (Doutorado) – Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile. 2014.

BRASIL. Decreto nº 7.257, de 04 de agosto de 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, Brasil. 06 ago. 2010a.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, Brasil. 21 set. 2010b.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, Brasil. 11 abr. 2012.

CARDOSO, D.; SANTOS, G. S. P.; REZENDE, M. S. C.; BELLO, J. S. A.; FRANZONI, A. M. B. Gestão do conhecimento nas respostas a desastres naturais: a experiência da defesa civil do estado de Santa Catarina. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**. v. 4, n. 2, p. 90-106, Jul/Dez. 2014.

CHIH-HSIEN, C.; WHEN-HSIN, C.; CHIA-CHANG, C.; MIMG-CHE, T.; LIANG-MIIN, T. Emergency medical Technicians: Disaster Training by Tabletop Exercise. **American Journal of Medicine**. v. 19, n. 5, p. 433-436. 2001.

CNRH. Portaria nº 143, de 10 de julho de 2012. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos**. Poder Executivo, Brasília, DF, Brasil. 04 set. 2012.

DAY, C. A. Modeling potencial of a breach for a high hazard dam, Elizabethtown, Kentucky, USA. **Applied Geography**, v.71, p. 1-8, 24 Apr. 2016.

DIAS, R. E. S. A.; LIMA, M. O.; LUIZ, R. D.; SOUZA, D. O. O. Modelagem de escala de vulnerabilidade de evacuação de população a jusante de barragem de rejeito. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO DE RISCOS E SEGURANÇA DE BARRAGENS DE REJEITOS – SGBR, II., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBDB, 2017. p. 1-16.

DNPM. Portaria nº 416, de 03 de setembro de 2012. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Poder Executivo, Brasília, DF, Brasil. 03 set. 2012.

DNPM. Portaria nº 526, de 09 de dezembro de 2013. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Poder Executivo, Brasília, DF, Brasil. 11 dez. 2013.

DNPM. Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Poder Executivo, Brasília, DF, Brasil. 17 mai. 2017.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. (2017). **Cadastro nacional de barragens de mineração PNSB**. Acesso em 21 out. 2017. Online. Disponível em <<http://www.dnpm.gov.br/assuntos/barragens/arquivos-barragens/cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao-dentro-da-pnsb>>

EHSAN, S.; SAJJAD, M.; BAIG, M. H.; FAHEEM, M. Flood modeling on a reach os Hunza River to identify vulnerable populated areas. **Journal of River Engineering**. v. 3, Issue 1. 2015.

ENRIQUEZ, M. A. R. S. **Maldição ou Dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira**. 2007. 449f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

ESCUDE-BUENO, I.; MAZZÁ, G.; MORALES-TORRES, A.; CASTILLO-RODRIGUES, J. T. Computational aspects of dam risk analysis: findings and challenges. **Engineering**. v. 2, p. 319-324. 2016.



ESPÓSITO, T. J. DUARTE, A. P. Risk-factor classification of tailings and industrial waste dams. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, p. 393-398, Abr. Jun. 2010.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY – FEMA. **Federal Guidelines for Dam Safety – Emergency Action Planning for Dams**, p. 63. 2013.

FERNANDES, G. W.; GOULART, F. F.; RANIERI, B. D.; COELHO, M. S.; DALES, K.; BOESCHE, N.; BUSTAMANTE, M.; CARVALHO, F. A.; CARVALHO, D. C.; DIRZO, R.; FERNANDES, S.; GALETTI JUNIOR, P. M.; MILLAN, V. E. G.; MIELKE, C.; RAMIREZ, J. L.; NEVES, A.; ROGASS, C.; RIBEIRO, S. P.; SCARIOT, A.; SOARES-FILHO, B. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza & Conservação**. v. 14, p. 35-45. 2016.

GARCIA, L. C.; RIBEIRO, D. B.; ROQUE, F. O.; OCHOA-QUINTERO, J. M.; LAURENCE, W. F. Brazil's worst mining disaster: Corporations must be compelled to pay the actual environmental costs. **Ecological Applications**. v. 27, p. 5-9. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). **Mapa político do Brasil**. Acesso em 21 out. 2017. Online. Disponível em <[https://mapas.ibge.gov.br/brasil\\_politico](https://mapas.ibge.gov.br/brasil_politico)>

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS – ICOLD. Tailings dams – Risks of dangerous occurrences – Lessons learnt from practical experiences. Bulletin 121. p. 145. 2001.

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS – ICOLD. Small dams – Design, surveillance and rehabilitation. Bulletin 157. p. 149. 2011.

ISHIHARA, K.; UENO, K.; YAMADA, S.; YASUDA, S.; YONEOKA, T. Breach of a tailings dam in the 2011 earthquake in Japan. **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, v. 68, p. 3-22, 2015.

JUDI, D. R.; BURIAN, S. J.; MCPHERSON, T. N. Impacts of elevation data spatial resolution on two-dimensional dam break flood simulation and consequence assessment. **Journal of water resources planning and management**. v. 140, p. 194-200. 2014.

KHAN, Y.; FAZLI, G.; HENRY, B.; VILLA, E.; TSAMIS, C.; GRANT, M.; SCHWATZ, B. The evidence base of primary research in public health emergency preparedness: a scoping review and stakeholder consultation. **BMC Public Health**. v. 15, p. 432-445. 2015.

KIM, B.; SHIN, S. C.; KIM, D. Y. A resilience loss assessment framework for evaluating flood-control dam safety upgrades. **Nat Hazards**. v. 86, p. 805-819. 2017.

KOSSOFF, D.; DUBBIN, W. E.; ALFREDSSON, M.; EDWARDS, S. J.; MACKLIN, M. G.; HUDSON-EDWARDS, K. A. Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts and remediation. **Applied Geochemistry**, v. 51, p. 229-245. 2014.

LAMONTAGNE, M.; DASCAL, O.; Revising the areal extent of post-earthquake inspections of dams in Quebec. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 43, p. 1015-1027. 2006.

MCCALLUM, I.; LIU, W.; SEE, L.; MECHLER, R.; KEATING, A.; HOCHRAINER-STIGLER, S.; MOCHIZUKI, J.; FRITZ, S.; DUGAR, S.; ARESTEGUI, M.; SZOENYI, M.; BAYAS, J. L.; BUREK, P.; FRENCH, A.; MOORTHY, I. Technologies to support community flood disaster risk reduction. **Int J Disaster Risk Sci.** v. 7, p. 198-204. 2016.

MACHADO, R. P.; BORGES, M. V. Orientações para apoio à elaboração de planos de contingência municipais para barragens. Ministério da Integração Nacional – Defesa Civil. Versão 1. Set. 2016.

MARTINHO, M. A.; MENDES, R.; AMORIM, F. N.; CIRANO, M.; DIAS, J. M. Fundao Dam collapse: Oceanic dispersion of River Doce after the greatest Brazilian environmental accident. **Marine Pollution Bulletin.** v. 112, p. 359-364. 2016.

MELO, A. V. **Análises de risco aplicadas a barragens de terra e enrocamento: estudo de caso da barragem da CEMIG GT.** 2014. 244f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil. 2014.

NAZÁRIO, J. E. C. Mining contribution for the municipalities development. **24<sup>a</sup> World Mining Congress Proceedings.** p. 271-278. Rio de Janeiro. Brasil. 2016.

NEVES, A. C. O.; NUNES, F. P.; CARVALHO, F. A.; FERNANDES, G. W. Neglect of ecosystems services by mining, and the worst environmental disaster in Brazil. **Brazilian Journal of Nature Conservation – Natureza & Conservação.** v. 14, p. 24-27. 2016.

OLIVEIRA, J. C. Gestão operacional das barragens de terra do Complexo Minerário das Minas de Ferro Carajás da Vale. Ouro Preto, MG: Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. p. 147. 2014.

PAEBM-BPJ. Plano de ações emergenciais das barragens de mineração – Barragem da Pera Jusante – RD-653-RL-42644-03, Relatório Técnico, 2016.

PENG, M.; ZHANG, L. M. Dynamic decision making for dam-break emergency management – Part 1: Theoretical framework. **Natural Hazards and Earth System Sciences.** v. 13, p. 425-437. 2013a.

PENG, M.; ZHANG, L. M. Dynamic decision making for dam-break emergency management – Part 2: Application to Tangjiashan landslide dam failure. **Natural Hazards and Earth System Sciences.** v. 13, p. 439-454. 2013b.

PISANIELLO, J. D.; TINGEY-HOLYOAK, J. L. Best practice land use planning and cost-effective tools to assure safety downstream of private dams. **Water Resources.** v. 43, p. 730-742. 2016.

PROTEÇÃO CIVIL. Normas para a concepção do sistema de alerta e aviso no âmbito dos planos de emergência internos de barragens. Autoridade Nacional de Proteção Civil de Portugal. Divisão de Vigilância e Alerta. Portugal. 2006.

PROTEÇÃO CIVIL. Guia de orientação para elaboração de planos de emergências internos de barragens. Autoridade Nacional de Proteção Civil de Portugal. Núcleo de Riscos e Alerta. Divisão de Segurança de Barragens. Portugal. 2009.

RICO, M.; BENITO, G. SALGUEIRO, A. R. HERRERO-DIAZ, A. PEREIRA, H. G. Reported tailings dam failures: A review of the European incidents in the worldwide context. **Journal of Hazardous Materials**, v. 152, p. 846-852, 22 Jul. 2007.

SAID, N. F.; SIDEK, L. M.; BASRI, H.; MUDA, R. S.; RAZAD, A. Z. A. Introduction of an emergency response plan for flood loading of Sultan Abu Bakar Dam in Malaysia. **Earth and Environmental Science**. v. 32, p. 12-18. 2016.

SAMMEN, S. S. H.; MOHAMED, T. A.; GHAZALI, A. H.; EL-SHAFIE, A. H.; SIDEK, L. M. Generalized regression neural network for prediction of peak outflow from dam breach. **Water Resour Manage**. v. 31, p. 549-562. 2017.

SAMPAIO, J. A. L. The deficiencies of the emergency action planning for dams in Brazil. **Revista Brasileira de Direito**. v. 12, p. 7-17. 2016.

SANDSTROM, B. E; ERIKSSON, H; NORLANDER, L; THORSTENSSON, M; CASSEL, G. Training of public health personnel in handling CBRN emergencies: A table top exercise card concept. **Environmental International**. v. 72, p. 164-169, 2014.

SEGURA, F. R.; NUNES, E. A.; PANIZ, F. P.; PAULELLI, A. C. C.; RODRIGUES, G. B.; BRAGA, G.U. L.; PEDREIRA FILHO, W. R.; BARBOSA JUNIOR, F.; CERCHIARO, G.; SILVA, F. F.; BATISTA, B. L. Potencial risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). **Environmental Pollution**. v. 218, p. 813-825. 2016.

SHI, Z; WANG, Y; PENG, M; CHEN, J; YUAN, J. Characteristics of the landslide dams induced by the 2008 Wenchuan earthquake and dynamic behavior analysis using large-scale shaking table tests. **Engineering Geology**. v. 194, p. 25-37, 2015.

SILVA, E. T. G. Barragens hidrelétricas e desastres: uma avaliação de metodologias de gestão de risco ambiental. Brasília, DF: Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Brasília. Brasília. p. 110. 2012.

SINCLAIR, H.; DOYLE, E. E.; JOHNSTON, D. M.; PATON, D. Assessing emergency management training and exercises. **Emergency Management Training**. v. 21, p. 507-521. 2012.

SUN, E.; ZHANG, X.; LI, Z. The internet of things (IOT) and cloud computing (CC) based tailings dam monitoring and pre-alarm system in mines. **Safety Science**. v. 50, p. 811-815. 2012.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM – UNEP. APELL for Mining – Guidance for the mining industry in raising awareness and preparedness for emergency at local level. Technical report N° 41. Division of technology, industry and economics. **United Nations Publication**. First edition. p. 68. France. 2001.

UNITED STATES DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY – USDHS. HSEEP Overview and Exercise Program Management. **Homeland Security Exercise and Evaluation Program (HSEEP)**, v. 1, p. 33. 2006.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **An assessment of potential mining impacts on salmon ecosystems of Bristol Bay, Alaska – Tailings Dam Failure**. Seattle. Jan. 2014.

VALENCIO, N. Desastres, ordem social e planejamento em defesa civil: o contexto brasileiro. **Saúde Soc. São Paulo**. v. 19, n. 4, p. 748-762. 2010.

VILLAVICENCIO, G.; ESPINACE, R.; PALMA, J.; FOURIE, A.; VALENZUELA, P. Failures of sand tailings dams in a highly seismic country. **Canadian Geotechnical Journal**. v. 51, p. 449-464. 2014.

YONG-GANG, G. E.; PENG, C. U. I.; XIAO-JUN, G. U. O.; WEI-MING, L. I. U. Characteristics, causes and mitigation of catastrophic debris flow hazard on 21 July 2011 at the Longda watershed of Songpan County, China. **Journal Mountain Sciences**. v. 10, p. 261-272. 2013.

WIELAND, M. Safety aspects of sustainable storage dams and earthquake safety of existing dams. **Engineering**. v. 2, p. 325-331. 2016.

## APÊNDICE A

**Ficha para verificação de resposta a emergência de barragem de mineração em simulado de mesa (*Table Top Exercise*)**

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
1	1	Surgência nas áreas a jusante sem carregamento de material e vazão constante.	Piezômetro automatizado indica alteração de nível em 3 Instrumentos	Recebido mensagem do sistema de instrumentação automatizado e ligação da CECOM informando sobre o estado de alerta nos instrumentos da barragem	Equipe de Geotecnia	Sim	Enviar técnico para realizar inspeção de campo e verificação da anomalia indicada	Sim
2	1		Piezômetro indica alteração de nível em 3 Instrumentos	Recebido mensagem do sistema de instrumentação automatizado e ligação da CECOM informando sobre o estado de alerta nos instrumentos da barragem	Equipe de Geotecnia	Sim	Retornar ao coordenador do PAEBM sobre as condições identificadas na barragem (cenário poprosto: extravasor e surgência)	Sim
3	1		Surgência no pé da barragem e obstrução do emboque do extravasor	A equipe de Geotecnia informa que foi identificado uma surgência no pé da barragem e um tronco está obstruindo o emboque do extravasor	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Questionar se é uma emergência e qual o nível	Sim
4	1		Surgência no pé da barragem e obstrução do emboque do extravasor	A equipe de Geotecnia informa que foi identificado uma surgência no pé da barragem e um tronco está obstruindo o emboque do extravasor	Coordenador do PAEBM	Sim	Solicitar a equipe de Geotecnia análise e parecer técnico de um especialista sobre a situação, o mais rápido possível	Sim
5	1		Surgência no pé da barragem e obstrução do emboque do extravasor	O especialista foi a campo juntamente com o técnico que realizou a inspeção inicial da barragem e ambos constataram haver uma surgência no pé da barragem com vazão aparente de 3 m³ por hora sem observar carregamento de sólidos e confirmaram a presença de troncos e galhos obstruindo o emboque do extravasor	Equipe de Geotecnia	Sim	Informar imediatamente ao coordenador do PAEBM sobre a severidade dos problemas encontrados	Sim
6	1		Surgência no pé da barragem e obstrução do emboque do extravasor	O especialista foi a campo juntamente com o técnico que realizou a inspeção inicial da barragem e ambos constataram haver uma surgência no pé da barragem com vazão aparente de 3 m³ por hora sem observar carregamento de sólidos e confirmaram a presença de troncos e galhos obstruindo o emboque do extravasor	Equipe de Geotecnia	Sim	Informar ao coordenador do PAEBM que trata-se de uma situação de Nível de emergência NE-1	Sim
7	1		Surgência no pé da barragem e obstrução do emboque do extravasor	O especialista foi a campo juntamente com o técnico que realizou a inspeção inicial da barragem e ambos constataram haver uma surgência no pé da barragem com vazão aparente de 3 m³ por hora sem observar carregamento de sólidos e confirmaram a presença de troncos e galhos obstruindo o emboque do extravasor	Equipe de Geotecnia	Sim	Solicitar recursos para desobstrução do emboque do extravasor (escavadeira braço longo, plataforma elevatória, guindaste, motosserras, operadores, etc)	Sim

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
8	1	Surgência nas áreas a jusante sem carregamento de material e vazão constante.	Surgência no pé da barragem e obstrução do emboque do extravasor	O especialista foi a campo juntamente com o técnico que realizou a inspeção inicial da barragem e ambos constataram haver uma surgência no pé da barragem com vazão aparente de 3 m³ por hora sem observar carregamento de sólidos e confirmaram a presença de troncos e galhos obstruindo o emboque do extravasor	Equipe de Geotecnia	Sim	Solicitar recursos para tratar a surgência (escavadeira, caminhão basculante, pá carregadeira, insumos e agregados, etc)	Sim
9	1		Surgência no pé da barragem e obstrução do emboque do extravasor	O especialista foi a campo juntamente com o técnico que realizou a inspeção inicial da barragem e ambos constataram haver uma surgência no pé da barragem com vazão aparente de 3 m³ por hora sem observar carregamento de sólidos e confirmaram a presença de troncos e galhos obstruindo o emboque do extravasor	Equipe de Geotecnia	Sim	Solicitar parada dos poços de rebaixamento das minas de N4E e N5W	Sim
10	1		Surgência no pé da barragem e obstrução do emboque do extravasor	O especialista foi a campo juntamente com o técnico que realizou a inspeção inicial da barragem e ambos constataram haver uma surgência no pé da barragem com vazão aparente de 3 m³ por hora sem observar carregamento de sólidos e confirmaram a presença de troncos e galhos obstruindo o emboque do extravasor	Equipe de Geotecnia	Sim	Proceder com o rebaixamento dos reservatórios com bombas e aumentar a captação da usina	Sim
11	1		Surgência com aumento de vazão	A geotecnica informa que a situação do cenário se enquadra em uma situação de emergência nível 1(NE-1) e solicita recursos para as ações propostas	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Decretrar Nível de Emergência 1 (NE-1) e seguir os fluxos de comunicação	Sim
12	1		Surgência com aumento de vazão	A geotecnica informa que a situação do cenário se enquadra em uma situação de emergência nível 1(NE-1) e solicita recursos para as ações propostas	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Informar ao Empreendedor (diretor ou suplente)	Sim
13	1		Surgência com aumento de vazão	A geotecnica informa que a situação do cenário se enquadra em uma situação de emergência nível 1(NE-1) e solicita recursos para as ações propostas	Coordenador do PAEBM	Sim	Providenciar o Preenchimento das fichas de emergência do PAEBM	Não
14	1		Surgência com aumento de vazão	A geotecnica informa que a situação do cenário se enquadra em uma situação de emergência nível 1(NE-1) e solicita recursos para as ações propostas	Coordenador do PAEBM	Sim	Convocar equipes envolvidas no NE-1 para a sala de crise (definida para o simulado)	Sim

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
15	1	Surgência nas áreas a jusante sem carreamento de material e vazão constante.	Surgência com aumento de vazão	A geotecnica informa que a situação do cenário se enquadra em uma situação de emergência nível 1(NE-1) e solicita recursos para as ações propostas	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Solicitar inspeção especial e relatórios pertinentes, e também atuação nos problemas indetificados	Não
16	1		Surgência com aumento de vazão	A geotecnica informa que a situação do cenário se enquadra em uma situação de emergência nível 1(NE-1) e solicita recursos para as ações propostas	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Solicitar da Geotecnia o tempo que o reservatório suporta com o extravasor obstruído antes de galgar	Sim
17	1		Surgência com aumento de vazão e carreamento de sólidos	A equipe de Geotecnia recebe ligação do especialista que está na barragem relatando que a surgência está com vazão crescente e intermitência de carreamento de sólidos	Equipe de Geotecnia	Não aplicável	Confirmar Nível de Emergência NE 1 (NE-1) e seguir fluxo de comunicação do PAEBM	Sim
18	1		Surgência com aumento de vazão e carreamento de sólidos	A equipe de Geotecnia recebe ligação do especialista que está na barragem relatando que a surgência está com vazão crescente e intermitência de carreamento de sólidos	Equipe de Geotecnia	Não aplicável	Propor a execução do dreno invertido para tratamtno da surgência	Sim
19	1		Surgência com aumento de vazão e carreamento de sólidos	A equipe de Geotecnia recebe ligação do especialista que está na barragem relatando que a surgência está com vazão crescente e intermitência de carreamento de sólidos	Equipe de Geotecnia	Sim	Solicitar equipamentos e insumos para tratamtno dos problemas	Sim
20	1		Surgência com aumento de vazão e carreamento de sólidos	A equipe de Geotecnia recebe ligação do especialista que está na barragem relatando que a surgência está com vazão crescente e intermitência de carreamento de sólidos	Equipe de Geotecnia	Sim	Solicitar apoio e maquinário da equipe usina e mina	Sim
21	1		Surgência com aumento de vazão e carreamento de sólidos	A equipe de Geotecnia recebe ligação do especialista que está na barragem relatando que a surgência está com vazão crescente e intermitência de carreamento de sólidos	Equipe de Geotecnia	Sim	Checar a disponibilidade e tempo de chegada dos recursos na barragem	Sim
22	1		Surgência com aumento de vazão e carreamento de sólidos	A equipe de Geotecnia recebe ligação do especialista que está na barragem relatando que a surgência está com vazão crescente e intermitência de carreamento de sólidos	Equipe de Geotecnia	Não	Informar ao coordenador do PAEBM o tempo que o reservatório suporta com o extravasor obstruído	Não



Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
23	1	Surgência nas áreas a jusante sem carreamento de material e vazão constante.	Surgência com aumento de vazão, carreamento de sólidos e obstrução do extravasor	Foi solicitado pela equipe de Geotecnia e coordenador do PAEBM recursos para tratar as situações de emergência: - plataforma elevatória; - 2 Motosserras; - guindaste de 200 toneladas; - acessórios de movimentação de carga; - 1 Barco ou bote com operador;  Para reduzir o nível do reservatório foram solicitados: - bombas e mangotes	Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina	Sim	Confirmar se a equipe está de prontidão  Confirmar se os equipamentos estão disponíveis  Confirmar o tempo previsto para mobilização na barragem  Confirmar se há operadores disponíveis	Sim
24	1		Surgência com aumento de vazão, carreamento de sólidos e obstrução do extravasor	Foi solicitado pela equipe de Geotecnia e coordenador do PAEBM recursos para tratar a situação de emergência: - 1 Escavadeira hidráulica braço longo; - 1 Pá carregadeira; - 3 Caminhões basculantes para transporte de agregados.	Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina	Sim	Confirmar se a equipe está de prontidão  Confirmar se os equipamentos estão disponíveis e se há prancha para transporte  Confirmar o tempo previsto para mobilização na barragem  Confirmar se há operadores disponíveis	Sim
25	1		Surgência com aumento de vazão, carreamento de sólidos e obstrução do extravasor	As Equipes de Geotecnia, USINA e MINA estão mobilizando simultaneamente todos os equipamentos para a barragem.  Checar se realmente todos os equipamentos são necessários simultaneamente e se há acessos e espaço de manobra no local para todos ao mesmo tempo	Coordenador do PAEBM	Sim	Organizar as ações de tratamento dos problemas e definir qual será a estratégia de ataque para evitar o congestionamento de equipamentos na barragem	Não

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
26	2	As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada onde se verifica carreamento de sólidos/material e aumento de vazão.	Surgência não foi controlada e está com carreamento de sólidos	Passaram-se 24 horas que foi declarado o estado de emergência NE-1 na barragem	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Checar se o Empreendedor enviou a comunicação para o DNPM	Sim
27	2		Surgência não foi controlada e está com carreamento de sólidos	Passaram-se 24 horas que foi declarado o estado de emergência NE-1 na barragem	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Checar se o empreendedor notificou a Defesa Civil (Nacional, Estadual e Municipal)	Sim
28	2		Surgência não foi controlada e está com carreamento de sólidos	Passaram-se 24 horas que foi declarado o estado de emergência NE-1 na barragem	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Checar com a Geotecnia se foi iniciada a realização da inspeção especial	Não
29	2		Surgência não foi controlada e está com carreamento de sólidos	Passaram-se 24 horas que foi declarado o estado de emergência NE-1 na barragem	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Checar se a Geotecnia enviou o relatório de inspeção especial para o DNPM	Sim
30	2		Surgência não foi controlada e está com carreamento de sólidos	Passaram-se 24 horas que foi declarado o estado de emergência NE-1 na barragem	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Solicitar a checagem das anomalias (surgência e obstrução do extravasor)	Sim
31	2		Surgência não foi controlada e está com carreamento de sólidos	A equipe de Geotecnia informou que as ações de tratamento da surgência ainda não foram eficazes e relatam que a vazão está crescente e carreamento de sólidos. E informa que ainda não conseguiu desobstruir o emboque do extravasor	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Convocar a equipe de Geotecnia para a sala de crise para avaliar a situação de emergência e planejar as ações	Sim
32	2		Surgência não foi controlada e está com carreamento de sólidos	A equipe de Geotecnia informou que as ações de tratamento da surgência ainda não foram eficazes e relatam que a vazão está crescente e carreamento de sólidos. E informa que ainda não conseguiu desobstruir o emboque do extravasor	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Convocar todas as equipes para "Estado de Prontidão"	Sim
33	2		Surgência não foi controlada e está com carreamento de sólidos	Ligação do Técnico informando que a surgência está com vazão crescente e o carreamento de sólidos continua aumentando	Equipe de Geotecnia	Não aplicável	Avaliar se é ou não uma situação de emergência nível 2 NE-2	Sim
34	2		Surgência não foi controlada e está com carreamento de sólidos	Ligação do Técnico informando que a surgência está com vazão crescente e o carreamento de sólidos continua aumentando	Equipe de Geotecnia	Não aplicável	Informar ao coordenador do PAEBM	Sim

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
35	2	As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada onde se verifica carreamento de sólidos/material e aumento de vazão.	Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Geotecnia informa que é uma situação de emergência nível NE-2	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Definir quem será enviado para campo e quem ficará na sala de crise apoiando o Coordenador	Não
36	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Geotecnia informa que é uma situação de emergência nível NE-2	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Ordenar imediatamente o Estado de Prontidão na Zona de Autossalvamento	Não
37	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Geotecnia informa que é uma situação de emergência nível NE-2	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Notificar o Empreendedor, DNP, Prefeitura e Defesa Civil sobre o NE-2	Não
38	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Não aplicável	Conhecimento de como estabelecer o Estado de Prontidão na Zona de Autossalvamento	Sim
39	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Não aplicável	Conhecimento de quais são os pontos de controle de acesso à ZAS qual o tempo necessário para iniciar o controle	Sim
40	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Sim	Conhecimento de quais recursos necessitará e se estão disponíveis	Sim
41	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Não aplicável	Equipe retorna ao coordenador confirmando que está prontidão	Sim
42	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Segurança Empresarial	Não aplicável	Conhecimento de quais são os pontos de controle de acesso à ZAS qual o tempo necessário para iniciar o controle	Sim
43	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Segurança Empresarial	Sim	Conhecimento de quais recursos necessitará e se estão disponíveis	Sim

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
44	2	As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada onde se verifica carregamento de sólidos/material e aumento de vazão.	Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Segurança Empresarial	Não aplicável	Equipe retorna ao coordenador confirmando que está prontidão	Sim
45	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	Sim	Conhecimento sobre a disponibilidade e tempo de mobilização dos insumos necessários para apoio à população afetada (água potável, alimentos, cobertores, colchonetes, medicamentos essenciais, e outros)	Sim
46	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	Sim	Quantas pessoas tem de Prontidão para auxiliar a Defesa Civil	Sim
47	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	Sim	Quantos ônibus e qual o tempo previsto para chegar ao ponto de retirada das pessoas	Sim
48	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	Não aplicável	Os motoristas conhecem o ponto em que devem buscar as pessoas	Não
49	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	Não aplicável	Equipe retorna ao coordenador confirmando que está prontidão	Sim
50	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	Sim	Conhecimento do tempo previsto para informar aos empregados dos Turnos para não subir para o Site	Não
51	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	Sim	Conhecimento das áreas de risco que devem ser isoladas (caso solicitado pela Empresarial)	Sim
52	2	Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	Sim	Conhecimento de como acionar os Sistemas de Alerta e qual será a forma de divulgação da prontidão para a população	Sim	

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
53	2	As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada onde se verifica carregamento de sólidos/material e aumento de vazão.	Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	Sim	Conhecimento das ações de preparação de EPI's para equipe de resgate, caso a situação se agrave	Sim
54	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	Não aplicável	Equipe retorna ao coordenador confirmando que está prontidão	Sim
55	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não aplicável	Conhecimento de qual será a mensagem inicial para o público interno e externo e em quais meios de comunicação será divulgado	Sim
56	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não aplicável	Conhecimento da necessidade de validar previamente a mensagem com o Jurídico	Sim
57	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não aplicável	Conhecimento do local onde serão feitas as coletivas de imprensa e se está disponível	Não
58	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não aplicável	Conhecimento de quem será o porta voz e se já foi preparado no tema	Sim
59	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não aplicável	Equipe retorna ao coordenador confirmando que está prontidão	Sim
60	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe Jurídica	Não aplicável	Conhecimento da necessidade de que a área de seguros fique de prontidão	Sim
61	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe Jurídica	Não aplicável	Conhecimento da necessidade de sua análise e validação das mensagens externas da comunicação	Sim
62	2		Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe Jurídica	Não aplicável	Equipe retorna ao coordenador confirmando que está prontidão	Sim
63	2	Surgência continua sem controle, com carregamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Meio Ambiente	Não aplicável	Conhecimento das condições ambientais do entorno da área afetada	Sim	

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
64	2	As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada onde se verifica carreamento de sólidos/material e aumento de vazão.	Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Meio Ambiente	Sim	Elaboração de um resumo gerencial dos possíveis impactos (tamanho da área, e tipos de impacto, problema com a contaminação da água, até onde chega a contaminação, etc)	Sim
65	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Meio Ambiente	Sim	Conhecimento e preparação para o monitoramento ambiental da área afetada e documentação de como era a área antes da ruptura	Sim
66	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Meio Ambiente	Sim	Conhecimento de quais são as ações e recursos para a mitigação ambiental	Sim
67	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Meio Ambiente	Não aplicável	Equipe retorna ao coordenador confirmando que está prontidão	Sim
68	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Elétrica	Não aplicável	Conhecimento das redes elétricas na área a jusante e se há alternativas caso se danifiquem	Não
69	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Elétrica	Sim	Conhecimento e disponibilidade de recursos para fazer intervenções (desligamentos/religamentos) e tempo de mobilização	Sim
70	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Solicitado para ficar em estado de prontidão pelo coordenador do PAEBM	Equipe de Elétrica	Não aplicável	Equipe retorna ao coordenador confirmando que está prontidão	Sim
71	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Coordenador deve checar se todas as Equipes de Atendimento a Emergências (segundo o PAEBM) ativaram adequadamente a prontidão.	Coordenador do PAEBM	Sim	Conhecimento de quais são as ações a serem tomadas por cada grupo	Sim

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
72	2	As ações adotadas no NE-1 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada onde se verifica carreamento de sólidos/material e aumento de vazão.	Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Coordenador deve checar se os recursos de todas as Equipes de Atendimento a Emergências (segundo o PAEBM) estão disponíveis e quais ações para providenciar o que não estiver disponível	Coordenador do PAEBM	Sim	Conhecimento dos recursos das equipes; Quais recursos estão disponíveis; Quais alternativas para providenciar os recursos;	Sim
73	2		Surgência continua sem controle, com carreamento de sólidos e surgiram trincas longitudinais	Imprensa televisiva informa (equivocadamente) que a barragem rompeu	Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Sim	Envio de nota para imprensa sobre a situação atual; Limitar acesso de imprensa nas portarias; Informar ao empreendedor e ao comitê diretivo;	Sim

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
74	3		Surgência contínua com carreamento de sólidos, evolução das trincas e parte da bancada superior à surgência cedeu	O técnico e o especialista da geotecnia que estavam atuando na barragem ligaram informando que a trinca longitudinal evoluiu e parte da bancada superior à surgência cedeu. Acreditam que dificilmente a situação será revertida	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Conhecimento do Coordenador sobre o procedimento de declaração de Nível de Emergência NE-3 (foi declarado NE-3 e foi ordenada a evacuação da área a jusante?)	Sim
75	3	As ações adotadas no NE-2 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada.	Surgência contínua com carreamento de sólidos, evolução das trincas e parte da bancada superior à surgência cedeu	O técnico e o especialista da geotecnia que estavam atuando na barragem ligaram informando que a trinca longitudinal evoluiu e parte da bancada superior à surgência cedeu. Acreditam que dificilmente a situação será revertida	Coordenador do PAEBM	Sim	Conhecimento e diligenciamento do acionamento das sirenes e evacuação da população a jusante, controle de acesso à área afetada pela mancha, recursos para contagem e retirada da população do ponto de encontro	Sim
76	3	Erosão regressiva (piping) com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura. Ruptura iminente ou está ocorrendo.	Coordenador do PAEBM declara nível de emergência NE-3 e ordena a evacuação da área afetada	Ligação do Diretor para o Coordenador sobre a real necessidade de evacuação, sobre o acionamento e interface dos órgãos públicos pertinentes	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Conhecimento da real necessidade de evacuação Conhecimento dos meios de comunicação com órgãos públicos pertinentes e se foram realizados em tempo hábil	Sim
77	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Ruptura da barragem está ocorrendo	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Conhecimento e comandos para certificação da total evacuação da população da área afetada pela mancha de inundação	Sim
78	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Ruptura da barragem está ocorrendo	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Conhecimento e comandos para evacuação das pessoas que estavam trabalhando na recuperação da barragem	Não



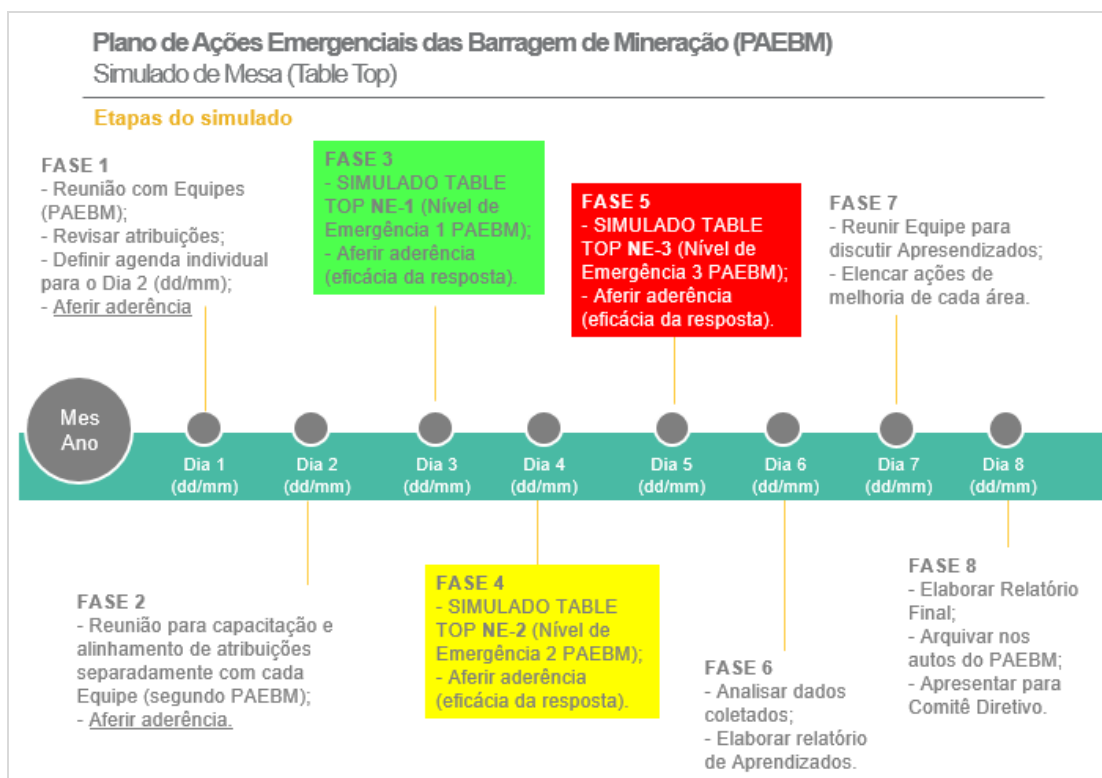
Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
79	3	As ações adotadas no NE-2 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada.  Erosão regressiva (piping) com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura. Ruptura iminente ou está ocorrendo.	Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Coordenador do PAEBM	Sim	Avaliação e relatório preliminar de danos para a alta administração da empresa (se há vítimas, danos ambientais, danos a propriedade);  Conhecimento e comandos para comunicação interna (empregados da empresa) e externa (imprensa, poder público e famílias afetadas).	Sim
80	3		Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Não aplicável	Conhecimento sobre ações de alerta na área afetada e apoio na evacuação, ações e recursos para resgate de vítimas e isolamento dos acessos à área afetada;  Equipe retorna ao coordenador com informações de campo.	Sim
81	3		Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Segurança Empresarial	Não aplicável	Conhecimento sobre ações de alerta na área afetada e apoio na evacuação, ações e recursos para resgate de vítimas, organização do trânsito interno e isolamento dos acessos à área afetada  Equipe retorna ao coordenador com informações de campo	Sim

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
82	3	As ações adotadas no NE-2 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada.  Erosão regressiva (piping) com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura. Ruptura iminente ou está ocorrendo.	Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Suprimentos, Apoio e Logística	Não aplicável	Conhecimento sobre ações de fornecimento de transporte, alimentação, e demais itens à população afetada e à equipe que estiver atuando no resgate de vítimas e mitigação dos danos  Equipe retorna ao coordenador com informações de campo	Sim
83	3		Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não aplicável	Conhecimento sobre local para coletiva de imprensa	Não
84	3		Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não aplicável	Conhecimento e preparação de notas de comunicação institucional e externa  Equipe retorna ao coordenador com informações de campo	Sim
85	3		Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Comunicação, Imprensa e Relações com Comunidade	Não aplicável	Conhecimento e preparação das mensagens chave de comunicação  Conhecimento de quem é o porta voz da empresa para o tema e se o mesmo está preparado  Equipe retorna ao coordenador com informações e repercussão na imprensa e mídias externas	Sim

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
86	3	As ações adotadas no NE-2 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada.  Erosão regressiva (piping) com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura. Ruptura iminente ou está ocorrendo.	Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe Jurídica	Não aplicável	Conhecimento sobre medidas jurídicas para assessorar representantes da empresa no relacionamento com poder público e comunidade  Conhecimento sobre acionamento da área de seguros da empresa  Equipe retorna ao coordenador com informações de suas ações	Sim
87	3		Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Meio Ambiente	Não aplicável	Conhecimento sobre ações e recursos para mitigação do dano ambiental  Conhecimento das interfaces com órgãos ambientais (poder público) e como proceder	Sim
88	3		Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Meio Ambiente	Não aplicável	Conhecimento e preparação de meios para monitoramento ambiental na área afetada e levantamento de danos  Equipe retorna ao coordenador com informações de campo	Sim
89	3		Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Elétrica	Não aplicável	Conhecimento da rede elétrica afetada e condições dos danos da mesma pós ruptura  Conhecimento das ações de monitoramento de danos	Não

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
90	3	As ações adotadas no NE-2 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada.	Barragem rompeu	Barragem rompeu e a onda de inundação está se deslocando na área a jusante	Equipe de Elétrica	Sim	Conhecimento das ações e recursos para reativar a rede elétrica afetada no menor tempo possível  Equipe retorna ao coordenador com informações de campo	Sim
	3	Erosão regressiva (piping) com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura. Ruptura iminente ou está ocorrendo.	Barragem rompeu	Chegam as primeiras imagens do rompimento via mídias diversas (telejornal e internet);  Ligação do Presidente da Empresa solicitando resumo executivo dos danos e medidas de mitigação em andamento.				
	3			Fim do Simulado <i>Table Top</i>				

## APÊNDICE B – Fichas Guia Simulado de Mesa



### APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

Simulação do Nível de Emergência NE 1, NE 2 e NE 3  
dd/mm/aaaa

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

---

Simulação do Nível de Emergência NE 1  
(Coordenador, Geotecnia e Equipes de Operação e Manutenção Mina e Usina)

**DIA 3**  
dd/mm/aaaa

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

---

**Atendimento à convocação do Coordenador**

Farol de Aderência

## APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

### EQUIPE GEOTECNIA – FICHA DE PARTIDA

INÍCIO: Dia dd/mm/aaaa às 15:30 horas, Equipe presente na sala de reunião

A CECON informa à GEOTECNIA que recebeu mensagem do sistema de informação automático dos piezômetros informando sobre estado de alerta em alguns instrumentos da barragem da .



Como proceder?

Tipo Instrumento	Nomenclatura	Tag PIMS	Descrição	Unidade Engenharia	Atenção	Alerta	Emergência	Valor PIMS
Piezometro	SNOBGDONA104	LT02@SNOBGDONA104	Cota Piezometrica SNOBGDONA104	m	196	196	197,13	193,54
Piezometro	SNOBGDONA105	LT02@SNOBGDONA105	Cota Piezometrica SNOBGDONA104	m	194	195	195,84	192,74
Piezometro	SNOBGDONA106	LT02@SNOBGDONA106	Cota Piezometrica SNOBGDONA106	m	190	192	195,19	191,26
Piezometro	SNOBGDOPZ006	LT02@SNOBGDOPZ006	Cota Piezometrica SNOBGDOPZ006	m	198	198	199,67	196,15

#### RESPOSTA ESPERADA

Checar se a GEOTECNIA vai ao local para checar o que houve.

Checar se a GEOTECNIA retorna ao COORDENADOR sobre os problemas identificados (obstrução do extravasor e surgência)

## APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

### COORDENADOR

INÍCIO: Dia dd/mm/aaaa às 15:35 horas, Equipe presente na sala de reunião

Ligação para COORDENADOR



Acabastes de receber uma ligação da equipe de GEOTECNIA informando que foi identificado uma pequena surgência no pé da barragem e um tronco obstruindo o emboque do extravasor.

Como proceder?

#### RESPOSTA ESPERADA

Questionar sobre a severidade dos problemas e se é uma situação de emergência.

Solicitar a equipe de GEOTECNIA uma análise técnica da situação por especialista

Cobrar posicionamento "o mais rápido possível"

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**GEOTECNIA**

**INÍCIO:** Dia dd/mm/aaaa às 15:40 horas, Equipe presente na sala de reunião

O Especialista foi a campo juntamente com o Técnico que realizou a inspeção inicial da barragem e ambos constataram haver uma surgência no pé da barragem com vazão aparente de 3 m<sup>3</sup> por hora sem observar carreamento de sólidos e confirmaram a presença de um tronco e galhos obstruindo o emboque do extravasor.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Informar imediatamente ao COORDENADOR sobre a severidade dos problemas encontrados.

Informar ao COORDENADOR que trata-se de situação de Nível de Emergência NE1.

Solicitar recursos para desobstrução do emboque do extravasor (Escavadeira, plataforma, guindaste, etc)

Solicitar recursos para tratar a surgência

Solicitar parada dos poços de rebaixamento das minas N4E e N5W

Proceder com rebaixamento do reservatório com bombas e aumentar a captação para Usina

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**COORDENADOR**

**INÍCIO:** Dia dd/mm/aaaa às 16:10 horas, Equipe presente na sala de reunião

A Equipe de GEOTECNIA informou que a situação atinge os critérios para declaração de situação de Emergência Nível 1 (NE-1).

A Equipe solicita recursos para retirada do tronco, rebaixamento do nível do reservatório e tratamento da surgência.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

DECRETAR Nível de Emergência 1 (NE-1) e seguir os Fluxos de Comunicação do PAEBM;

Informar ao EMPREENDEDOR (Diretor e/ou Suplente);

Providenciar preenchimento das fichas de emergência do PAEBM;

Convocar EQUIPES envolvidas no NE1 para a sala de crise (prédio dos bombeiros);

Solicitar Inspeção Especial e relatórios pertinentes, e também atuação nos problemas identificados.

Solicitar da GEOTECNIA o tempo que o reservatório suporta com o extravasor obstruído.



**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

**GEOTECNIA**

**INÍCIO:** Dia dd/mm/aaaa às 16:30 horas, Equipe presente na sala de reunião

Ligação para GEOTECNIA



A Equipe de GEOTECNIA recebe ligação do Especialista que está na barragem relatando que a surgência está com vazão crescente e intermitência de carreamento de sólidos.  
 A Equipe solicita ao COORDENADOR recursos para retirada do tronco, rebaixamento do nível do reservatório e tratamento da surgência.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

CONFIRMAR Nível de Emergência 1 (NE-1) e seguir os Fluxos de Comunicação do PAEBM;  
 Propor a execução do dreno invertido para tratamento da surgência;  
 Providenciar / solicitar equipamentos e insumos para tratamento dos problemas;  
 Solicitar apoio e maquinário da EQUIPE USINA E MINA  
 CHECAR disponibilidade e tempo de chegada dos recursos na barragem  
 Informar ao COORDENADOR o tempo que o reservatório suporta com o extravasor obstruído

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

**EQUIPE USINA**

**INÍCIO:** Dia dd/mm/aaaa às 16:35 horas, Equipe presente na sala de reunião

Para desobstruir o extravasor serão necessários equipamentos e o COORDENADOR e GEOTECNIA solicitam o envio imediato para a barragem dos seguintes equipamentos:

- 1 Plataforma elevatória;
- 2 Motosserras;
- 1 Guindaste de 200 toneladas
- Acessórios de movimentação de carga
- 1 Barco ou bote com operador.

Para reduzir o nível do reservatório serão necessários os seguintes equipamentos:

- Bombas e mangotes

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

CONFIRMAR se a Equipe USINA está de prontidão;  
 Checar se os equipamentos solicitados estão disponíveis e se há carreta prancha para transporte  
 Checar se há operadores disponíveis  
 Checar tempo estimado para chegada dos recursos na barragem

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**EQUIPE MINA**

**INÍCIO:** Dia dd/mm/aaaa às 16:35 horas, Equipe presente na sala de reunião

Para o tratamento da urgência serão necessários equipamentos e o COORDENADOR e GEOTECNIA solicitam o envio imediato para a barragem dos seguintes equipamentos:

- 1 Retroescavadeira (braço longo);
- 1 Pá carregadeira;
- 3 Caminhões basculantes para transporte de agregados

Como proceder?

RESPOSTA ESPERADA

CONFIRMAR se a Equipe MINA está de prontidão;

Checar se os equipamentos solicitados estão disponíveis e se há carreta prancha para transporte

Checar se há operadores disponíveis

Checar tempo estimado para chegada dos recursos na barragem

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**COORDENADOR**

**INÍCIO:** Dia dd/mm/aaaa às 16:40 horas, Equipe presente na sala de reunião

As Equipes de GEOTECNIA, USINA e MINA estão mobilizando simultaneamente todos os recursos para a barragem (guindastes com carretas para levar contrapeso, Os acessos são restritos assim como o espaço de manobra próximo ao extravasor.

Como proceder?

RESPOSTA ESPERADA

Organizar as ações de tratamento dos problemas e definir qual será a estratégia de ataque para evitar o congestionamento de equipamentos na barragem

---

# FIM do NE-1

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

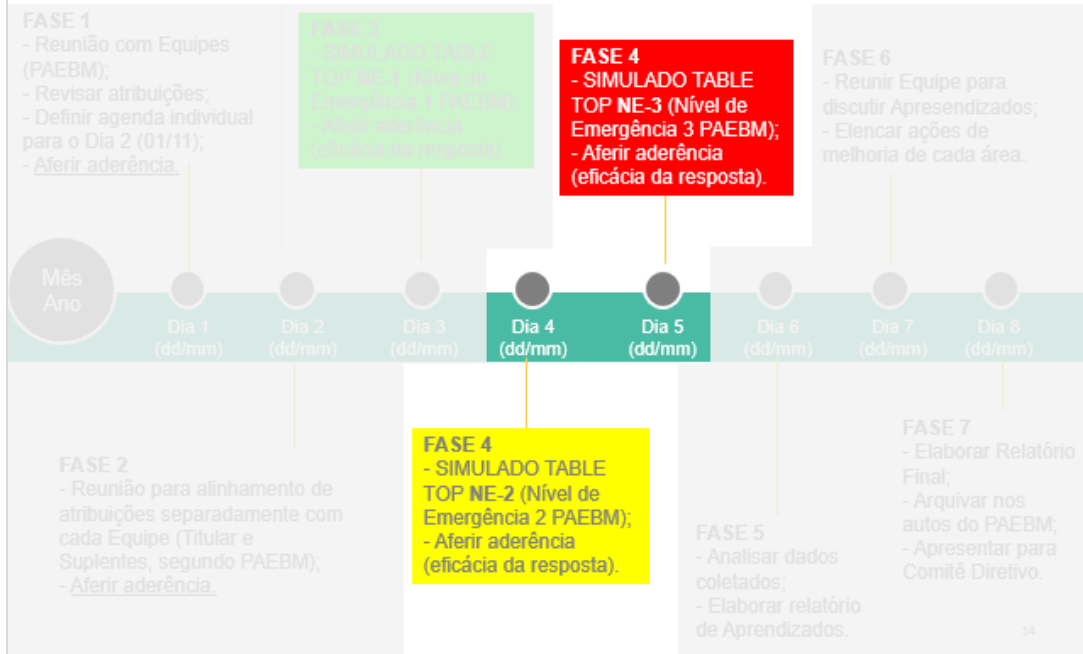
---

**Fases 4 e 5**

Simulação do Nível de Emergência NE 2 e NE 3  
(Coordenador e todas as Equipes)

**DIA 4**  
dd/mm/aaaa

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**



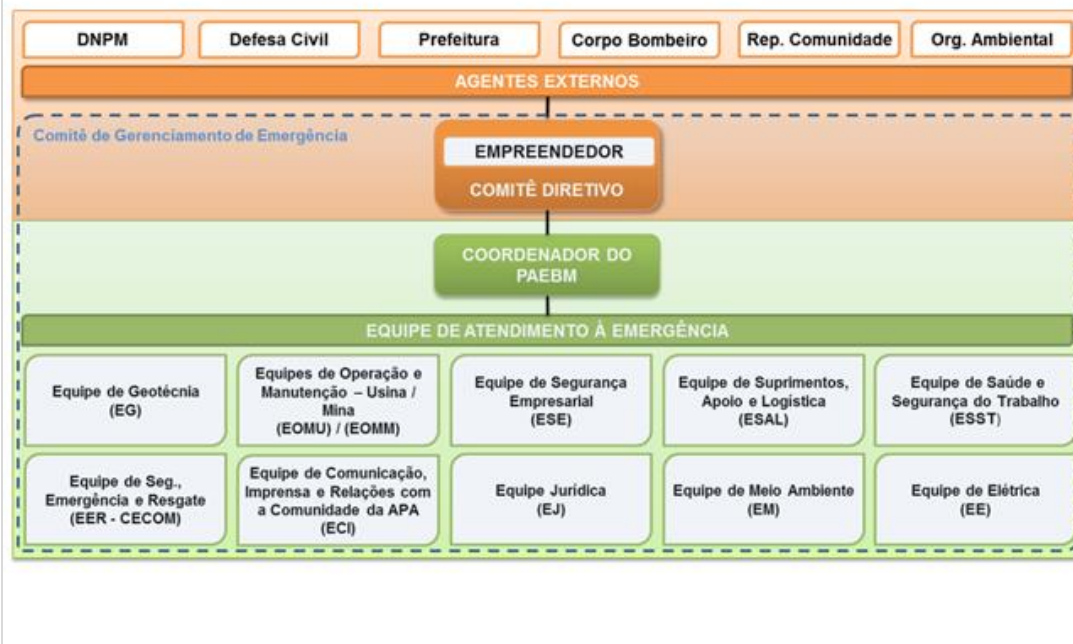
**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

**Fases 4 e 5 – Atendimento à convocação do Coordenador**

Farol de Aderência

## APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

### Estrutura envolvida neste fase do Simulado (Coordenador e todas as Equipes)



## APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

### Cenário hipotético do simulado

#### DIA dd/mm/aaaa – 08:00 horas

Fortes chuvas são registradas nos últimos 3 dias e a instrumentação automática detecta e envia sinal (e-mail e SMS) para a CECON (Central de Controle de Emergências) e Equipe de Geotecnia informando alteração no nível piezométrico de alguns instrumentos da Barragem.

A CECON imediatamente entra em contato com a Equipe de Geotecnia e informa a mensagem recebida para a Equipe de Geotecnia.

Inicia-se a Simulação com este cenário adotando como base as informações contidas no PAEBM da Barragem.

O Simulado busca testar e aferir a aderência às ações de emergência, responsabilidades e fluxos de comunicação previstos no PAEBM da Barragem da .

#### (CONTINUAÇÃO) DIA dd/mm/aaaa – 12:00 horas

Como é característica do período chuvoso na região Norte do Brasil, as fortes chuvas continuaram e o volume de água do reservatório da Barragem continua a aumentar.

A situação da surgência não foi controlada e o volume crescente de água começa a apresentar carreamento contínuo de sólidos.

O extravasor continua obstruído.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**Cenário hipotético do simulado – Acionamento das Equipes do NE2 pela CECON**

Acionamentos via telefone pela CECON (Dia dd/mm/aaaa às 09:00 horas)

1) Mensagem CECON para todas Equipes do PAEBM



**INFORMAR À PESSOA QUE TRATA-SE DE UM SIMULADO DE EMERGÊNCIA DE BARRAGEM.**

*“O Coordenador do PAEBM está te convocando para uma reunião as 12:30 horas na Sala de Reunião. Favor se dirigir para o local”.*

**RESSALTAMOS QUE TRATA-SE DE UM SIMULADO E ESTE ASSUNTO É CONFIDENCIAL.**

Pedimos não repassar esta informação.

Maiores informações serão repassadas no local informado.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**COORDENADOR**

INÍCIO: Dia dd/mm/aaaa às 12:30 horas, Equipe presente na sala de reunião

Passaram-se 24 horas que foi declarado o Nível de Emergência NE 1 na Barragem da .

Quais são suas checagens ou quais ações devem ser tomadas?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se o EMPREENDEDOR enviou a comunicação para o DNPM

Checar se o EMPREENDEDOR Notificou a Defesa Civil (Nacional, Estadual e Municipal)

Checar se a GEOTECNIA realizou a Inspeção Especial (e qual o resultado?)

Checar se a GEOTECNIA enviou o relatório de Inspeção Especial para o DNPM

COORDENADOR checkou com a GEOTECNIA se a urgência evoluiu?

COORDENADOR checkou com a GEOTECNIA se o problema do Extravasor está resolvido?

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**COORDENADOR**

Dia dd/mm/aaaa às 13:00 horas, Equipe presente na sala de reunião

A Equipe da GEOTECNIA informou que as ações de tratamento da surgência ainda não foram eficazes e relatam que a vazão está crescente e carreando sólidos.

Também informam que ainda não conseguiram retirar o tronco que está obstruindo o emboque do extravasor.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar o que a GEOTECNIA está fazendo ou pretende fazer para resolver o problema.

Checar se o COORDENADOR convocou a GEOTECNIA para SALA DE CRISE para avaliar se é ou não Situação de Nível de Emergência 2

Checar se o COORDENADOR acionou (ou pediu para acionar) todas as EQUIPES DO PAEBM para ficarem em Prontidão (e se ele convocou reunião para alinhar a situação com os Equipes)

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**GEOTECNIA**

Dia dd/mm/aaaa às 13:10 horas, Equipe presente na sala de reunião

Ligação para a GEOTECNIA



O seu TÉCNICO ligou e acaba de informar que a surgência está com vazão crescente e carreando sólidos.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se a GEOTECNIA comunica ao COORDENADOR.

Checar se a GEOTECNIA informou ao COORDENADOR que devem avaliar se é ou não Situação de Nível de Emergência 2

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**GEOTECNIA**

Dia dd/mm/aaaa às 13:30 horas, Equipe presente na sala de reunião

Ligação para a GEOTECNIA



O seu TÉCNICO ligou e acaba de informar que foram identificadas trincas longitudinais na bancada superior e a vazão continua crescendo e carreando sólidos.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se a GEOTECNIA comunica ao COORDENADOR.

Checar se a GEOTECNIA informou ao COORDENADOR que devem decretar a Situação de Nível de Emergência NE 2

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**COORDENADOR**

Dia dd/mm/aaaa às 13:45 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você COORDENADOR, juntamente com a Equipe de GEOTECNIA declararam a Situação de Nível de Emergência 2.

Quais procedimentos devem ser adotados?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar a) quem será enviado para Campo? b) quem ficará na sala de crise? c) quem vai para outras salas?

Checar se o COORDENADOR ordenou IMEDIATAMENTE o Estado de Prontidão na Zona de Autossalvamento (Através da BRIGADA / EQUIPE DE EMERGÊNCIA)

Checar se COORDENADOR notificou o Empreendedor, DNPM, Prefeitura e Defesa Civil sobre o NE 2

Checar se o COORDENADOR acionou (ou pediu para acionar) todas as EQUIPES DO PAEBM para ficarem em Prontidão (se ele convocou reunião para alinhar a situação com as Equipes)



**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

---

**EQUIPE DE SEGURANÇA E EMERGÊNCIA**

Dia dd/mm/aaaa às 14:00 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você foi solicitado pelo COORDENADOR para estabelecer estado e prontidão na Zona de Autossalvamento.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar conhecimento de como estabelecer o Estado de Prontidão na Zona de Autossalvamento  
Checar se conhece sua participação no controle de acessos  
Checar quais são os pontos de controle e tempo necessário para iniciar o controle  
Checar quais recursos necessitará e se estão disponíveis  
CHECAR se esta EQUIPE retorna ao coordenador confirmando que estão em Prontidão.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

---

**EQUIPE DE SEGURANÇA EMPRESARIAL**

Dia dd/mm/aaaa às 14:10 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você foi solicitado pelo COORDENADOR para estabelecer controle dos acessos à Zona de Autossalvamento da barragem.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar quais são os pontos de controle  
Checar quais recursos necessitará e se estão disponíveis  
Checar qual o tempo necessário para iniciar o controle

CHECAR se esta EQUIPE retorna ao coordenador confirmando que estão em Prontidão.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

**EQUIPE DE SUPRIMENTOS E LOGÍSTICA**

Dia dd/mm/aaaa às 14:20 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você foi solicitado pelo COORDENADOR para ficar em Estado de Prontidão.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Qual o tempo previsto para mobilizar insumos necessários para a população afetada (água potável, alimentos, cobertores, colchonetes, agasalhos, medicamentos essenciais, etc)

Quantas pessoas tem de Prontidão para auxiliar a Defesa Civil;

Quantos ônibus e qual o tempo previsto para chegar ao ponto de retirada das pessoas?

Os motoristas conhecem o ponto em que devem buscar as pessoas?

CHECAR se esta EQUIPE retorna ao coordenador confirmando que estão em Prontidão.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

**EQUIPE DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO**

Dia dd/mm/aaaa às 14:30 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você foi solicitado pelo COORDENADOR para ficar em Estado de Prontidão.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar o tempo previsto para informar aos empregados dos Turnos para não subir para o Site

Checar se conhece as áreas de risco que devem ser isoladas (caso solicitado pela Empresarial)

Checar se conhece como acionar os Sistemas de Alerta e qual será sua estratégia de divulgação da prontidão

Checar se tomou a iniciativa de Reservar EPI's para resgate, caso a situação se agrave

CHECAR se esta EQUIPE retorna ao coordenador confirmando que estão em Prontidão.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**EQUIPE DE COMUNICAÇÃO, IMPRENSA E RELAÇÕES COM COMUNIDADE**

Dia dd/mm/aaaa às 14:40 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você foi solicitado pelo COORDENADOR para ficar em Estado de Prontidão.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar qual será a Mensagem Inicial para o público Interno e externo e em quais meios de comunicação será divulgado

Checar a Comunicação vai divulgar a mensagem com checagem do JURÍDICO

Checar onde serão feitas as coletivas de Imprensa e se está disponível

Quem será o PORTA VOZ e se já foi preparado

CHECAR se esta EQUIPE retorna ao coordenador confirmando que estão em Prontidão.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**EQUIPE DE JURÍDICA**

Dia dd/mm/aaaa às 14:50 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você foi solicitado pelo COORDENADOR para ficar em Estado de Prontidão.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se solicitou que a área de SEGUROS ficasse de prontidão

Checar se procurou a Comunicação para analisar as mensagens para o exterior

CHECAR se esta EQUIPE retorna ao coordenador confirmando que estão em Prontidão.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**EQUIPE DE MEIO AMBIENTE**

Dia dd/mm/aaaa às 14:55 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você foi solicitado pelo COORDENADOR para ficar em Estado de Prontidão.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se avaliou as condições ambientais do entorno

Solicitar um Resumo dos possíveis impactos (tamanho da área, e tipos de impacto, problema com a contaminação da água, até onde chega a contaminação, etc)

Checar quais são os preparativos para um eventual Monitoramento ambiental

Checar quais são os preparativos para uma eventual Mitigação ambiental

CHECAR se esta EQUIPE retorna ao coordenador confirmando que estão em Prontidão.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**EQUIPE DE ELÉTRICA**

Dia dd/mm/aaaa às 15:00 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você foi solicitado pelo COORDENADOR para ficar em Estado de Prontidão.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se avaliou quais são Redes Elétricas na área a Jusante e se há alternativas caso se danifiquem

Checar quais os recursos para fazer intervenções (desligamentos / religamentos) e tempo de mobilização

Checar se sabe quais os pontos em que ocorrerá intervenção

CHECAR se esta EQUIPE retorna ao coordenador confirmando que estão em Prontidão.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

**COORDENADOR**

Dia dd/mm/aaaa às 15:10 horas, Equipe presente na sala de reunião

Você não conseguiu contato com todas as Equipes de Atendimento a Emergências (segundo o PAEBM) e ao checar a prontidão (segundo responsabilidades de cada Equipe) detectou deficiências nas ações de algumas Equipes.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se ele conseguiu Contato com todos os Grupos e todos estão na sala de crise

Checar quais são as ações a serem tomadas por cada grupo (se a prontidão está ativada)

Checar quais recursos o COORDENADOR conseguiu e quais o COORDENADOR não conseguiu, e o que fazer?

CHECAR SE O COORDENADOR COLHEU INFORMAÇÕES COM A GEOTECNIA SOBRE O PROBLEMA

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

**IMPRESA TELEVISIVA INFORMA EQUIVOCADAMENTE QUE A BARRAGEM “ROMPEU”**

Dia dd/mm/aaaa às 15:30 horas, Equipe presente na sala de reunião



Como proceder após o vídeo fictício informando equivocadamente que a barragem rompeu?

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**GEOTECNIA**

Dia dd/mm/aaaa às 15:50 horas, Equipe presente na sala de reunião

Ligação para a GEOTECNIA



O seu TÉCNICO ligou e acaba de passar as seguintes informações:

- A trinca longitudinal evoluiu;
- Metade da bancada superior à surgência cedeu.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se o COORDENADOR e EQUIPES vão declarar Nível de Emergência 3

Checar se o COORDENADOR ordenou a Evacuação? Alguém ou Quem tocou a Sirene (EQ. EMERG.)?

Checar se verificou se todos saíram da área a jusante? Checar se todos os pontos de acesso foram controlados? Ônibus no local? Checar se informou o NE 3 ao EMPREENDEDOR

COORDENADOR deve checar se os recursos solicitados estão disponíveis e atenderam ao previsto?

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

---

**COORDENADOR**

Dia dd/mm/aaaa às 16:35 horas, Equipe presente na sala de reunião

Ligação do Diretor



A evacuação deve ser iniciada.

As Sirenes não funcionaram.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se eles vão declarar Nível de Emergência 3

Checar se o COORDENADOR ordenou a Evacuação?

Checar se o COORDENADOR havia enviado equipe para acompanhar a área a jusante em campo?

Checar se todos saíram da área a jusante? A quem recorrerá para obter esta informação? Ônibus no local?

Checar se informou o EMPREENDEDOR

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

**COORDENADOR E EQUIPES**

Dia dd/mm/aaaa às 16:50 horas, Equipe presente na sala de reunião

Ligação do Técnico da GEOTECNIA



A barragem rompeu.

Como proceder?

**RESPOSTA ESPERADA**

Checar se procederam com as ações de Resgate. Quem mais será acionado?

Checar se as pessoas da Obra de recuperação da surgência foram avisados para evacuar

Checar prontidão dos recursos de evacuação e recursos de resgate de vítimas

Checar se verificaram Vítimas, Imprensa, Meio Ambiente,

Avaliar a extensão dos danos e emitir um RESUMO EXECUTIVO PARA O PRESIDENTE DA EMPRESA.

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
**Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)**

**CHEGAM AS PRIMEIRAS IMAGENS FICTÍCIAS DA RUPTURA DA BARRAGEM**

Dia dd/mm/aaaa às 16:55 horas, Equipe presente na sala de reunião



Como proceder?

**APENDICE B – Modelo de Simulado Table Top para Barragem de Mineração**  
Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração (PAEBM)

---

**COORDENADOR E EQUIPES**

Dia dd/mm/aaaa às 17:00 horas, Equipe presente na sala de reunião

Ligação do Diretor solicitando:



Resumo executivo para enviar ao Presidente da empresa com dados sobre as consequências do evento.

Resumo executivo de Ações de Resgate e Emergência em andamento citando os recursos empregados até o momento.

---

**FIM dos Níveis**  
**NE-2 e NE-3**



**APÊNDICE C – Ficha modelo de verificação de resposta a emergência de barragem de mineração em simulado de evacuação de campo em escala completa (*Full Scale Exercise*)**

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
1	3	As ações adotadas no NE-2 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada. Erosão regressiva (piping) com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura. Ruptura iminente ou está ocorrendo.	Surgência contínua com carreamento de sólidos, evolução das trincas e parte da bancada superior à surgência cedeu	O técnico e o especialista da geotecnia que estavam atuando na barragem ligaram informando que a trinca longitudinal evoluiu e parte da bancada superior à surgência cedeu. Acreditam que dificilmente a situação será revertida	Coordenador do PAEBM	Não aplicável	Conhecimento do Coordenador sobre o procedimento de declaração de Nível de Emergência NE-3 e ordem para acionamento das sirenes de alerta para imediata evacuação da população afetada	Sim
2	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Acionamento do sistema de alerta (sirenes) foi ordenado pelo Coordenador do PAEBM Conhecimento do acionamento e verificação em campo se o sistema de alerta está operante	Coordenador do PAEBM	Sim	Sistema de alerta funcionou? Botoeira de acionamento remoto funcionou? Sirenes funcionaram?	Sim
3	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Acionamento dos recursos alternativos para alertar a área a jusante Conhecimento do acionamento e encaminhamento do recurso alternativo / redundante (caminhonetes com sirenes) para alertar a área a jusante caso as sirenes falhem	Coordenador do PAEBM	Sim	Recursos alternativos (caminhonetes e veículos com sirenes) estavam presentes e funcionando?	Sim
4	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Acionamento e encaminhamento para a área afetada das equipes de atuação na emergência e resgate	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Sim	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate estava presente para atuar na emergência e resgate?	Sim
5	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Acionamento e encaminhamento para a área afetada das equipes de atuação na emergência e resgate	Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina	Sim	Equipe de Operação e Manutenção de Usina e Mina estava presente para atuar na emergência e resgate com apoio de máquinas e operadores?	Sim
6	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Acionamento e encaminhamento para a área afetada das equipes de atuação na emergência e resgate	Equipe de Segurança Empresarial	Sim	Equipe de Segurança Empresarial estava presente para atuar na emergência e resgate com apoio de isolamento da área, controle de acessos e controle de entrada de pessoas não autorizadas?	Sim

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
7	3	As ações adotadas no NE-2 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada.  Erosão regressiva (piping) com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura.  Ruptura iminente ou está ocorrendo.	Ruptura da barragem ocorrendo	Isolamento das áreas para evitar acesso de pessoas não autorizadas na área de risco	Equipe de Segurança Empresarial	Sim	Equipamentos para isolamento dos acessos estavam disponíveis (cones, cavaletes, balizadores, lanternas, coletes refletivos)?	Sim
8	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Isolamento das áreas para evitar acesso de pessoas não autorizadas na área de risco	Equipe de Segurança Empresarial	Sim	Equipe de Segurança Empresarial conhecia os pontos de controle de acessos e executou adequadamente o bloqueio?	Sim
9	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Acionamento e encaminhamento para a área afetada das equipes de atuação na emergência e resgate	Equipe de Apoio Suprimentos e Logística	Sim	Equipe de Apoio Suprimentos e Logística estava presente para atuar na emergência e resgate com apoio através de recursos e insumos em geral?	Sim
10	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Acionamento e encaminhamento para a área afetada das equipes de atuação na emergência e resgate	Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho	Sim	Equipe de Saúde e Segurança do Trabalho estava presente para atuar na emergência e resgate?	Sim
11	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Verificação da área afetada para verificar se todas as pessoas evacuaram a área e foram para o ponto de encontro	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Sim	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate realizou a varredura das áreas afetadas?	Sim
12	3		Ruptura da barragem ocorrendo	Verificação da área afetada para verificar se todas as pessoas evacuaram a área e foram para o ponto de encontro	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Sim	Todas as pessoas que estavam na área afetada após o acionamento das sirenes evacuaram a área?	Não

Item	Nível de Emergência PAEBM	Situação de Emergência PAEBM	Detalhamento da situação hipotética de emergência	Ação iniciadora	Equipe Responsável	Recurso necessário disponível?	Resposta prevista	Resposta atendeu o previsto?
13	3	As ações adotadas no NE-2 não foram efetivas e, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada.	Ruptura da barragem ocorrendo	Verificação das condições do ponto de encontro	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Sim	O ponto de encontro estava sinalizado e tinha espaço suficiente para a população evacuada?	Sim
14	3	Erosão regressiva (piping) com evolução e desenvolvimento da brecha de ruptura.	Ruptura da barragem ocorrendo	Verificação do tempo de evacuação em relação ao tempo de chegada da onda de inundação no caso de ruptura	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Sim	Tempo de evacuação da área foi suficiente para a saída de todas as pessoas antes da chegada da onda inundação?	Sim
15	3	Ruptura iminente ou está ocorrendo.	Ruptura da barragem ocorrendo	Verificação do nível sonoro emitido pelas sirenes	Equipe de Segurança, Emergência e Resgate	Sim	Nível sonoro emitido pelas sirenes foi ouvido pela população exposta	Sim
	3			Fim do Simulado de Evacuação Completa <i>Full Scale</i>				