

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

CAMILA DA SILVA LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL PARA
BARRAGENS OU DIQUES COM DANO POTENCIAL ASSOCIADO ALTO
ALICERÇADO NA LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA DO DEPARTAMENTO NACIONAL
DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM COM FOCO NA REGIÃO CARBONÍFERA
SUL CATARINENSE**

CRICIÚMA

2015

CAMILA DA SILVA LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL PARA
BARRAGENS OU DIQUES COM DANO POTENCIAL ASSOCIADO ALTO
ALICERÇADO NA LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA DO DEPARTAMENTO NACIONAL
DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM COM FOCO NA REGIÃO CARBONÍFERA
SUL CATARINENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheira Ambiental no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Msc. Sérgio Bruchchen

CRICIÚMA

2015

CAMILA DA SILVA LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL PARA
BARRAGENS OU DIQUES COM DANO POTENCIAL ASSOCIADO ALTO
ALICERÇADO NA LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA DO DEPARTAMENTO NACIONAL
DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM COM FOCO NA REGIÃO CARBONÍFERA
SUL CATARINENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenharia Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Saúde do Trabalho e Segurança Ambiental.

Criciúma, 27 de novembro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Sérgio Bruchchen - Mestre - UNESC (Orientador)

Prof. Álvaro José Back – Doutor - UNESC

Prof.^a Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann – Mestre – UNESC

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer em primeiro lugar a Deus, pela vida e pela força concedida durante os períodos difíceis da minha vida.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, preocupação e apoio.

Ao mestre e orientador professor Sérgio Bruchchen, pelo conhecimento, paciência e incentivo transmitido.

Ao meu namorado Ricardo Demetrio, pela paciência, companheirismo durante a graduação e incentivo para que eu iniciasse esse curso.

Às minhas queridas amigas Aline Teske, Jéssica Cechella e Taylla Sampaio, pelo apoio fornecido durante esses cinco anos, sem o compartilhamento de conhecimento que houve entre nós, não teria chego onde cheguei. Que nossa amizade continue além da vida acadêmica, pois fizemos um verdadeiro laço de amizade e companheirismo durante a graduação.

Agradeço a toda equipe do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em especial ao Engenheiro de Minas Oldair Lamarque, por toda sua paciência dispensada em transmitir seus conhecimentos em prol de meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), e a secretária Michele Schwantes, por toda a sua positividade, amizade e força desde o início do estágio.

Agradeço as amigas que fiz em meu antigo emprego, em especial a Luciana Belmiro que me incentivou a iniciar uma graduação, Fabiana Vitorino que sempre esteve comigo nesta jornada de trabalho e estudos, e as demais amigas que conquistei, que contribuíram para o meu amadurecimento pessoal e com certeza levarei para toda a vida.

O meu reconhecimento e agradecimento aos professores do curso de Engenharia Ambiental que contribuíram para a minha formação acadêmica, em especial o professor Sérgio Galatto, pela contribuição e esclarecimentos na hora em que eu mais precisei.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis. ”

José de Alencar

RESUMO

No Brasil há vários tipos de barragens com diferentes dimensões e aplicações, tais como para acumulação de água, geração de energia, diques para sedimentação de resíduos industriais, barragem para sedimentação de finos a ultrafinos na mineração, entre outros. Algumas dessas estruturas atendem às normas de segurança aplicáveis, enquanto outras ficam esquecidas, sem as condições mínimas de segurança, podendo levar à ruptura. Nesse sentido faz-se necessário o correto planejamento, construção e operação da barragem. Neste trabalho, será abordado as barragens de sedimentação de finos a ultrafinos na mineração de carvão. Essas barragens fazem parte do tratamento dos efluentes líquidos, sendo uma extensão do mesmo. Após passar pelo processo de beneficiamento do carvão e/ou pela estação de tratamento de efluentes, o rejeito contendo de finos a ultrafinos de carvão é direcionado para a barragem para que ocorra a sedimentação. As barragens de sedimentação de efluentes líquidos são conhecidas por gerarem significativo impacto ambiental. Apesar das legislações, conhecimentos e tecnologias disponíveis, as barragens continuam rompendo, causando danos ambientais, econômicos e sociais. Nesse contexto, o trabalho aqui apresentado teve como objetivo geral desenvolver um Plano de Ação Emergencial (PAE) para barragens ou diques com Dano Potencial Associado Alto com os seguintes objetivos específicos: a) realizar um levantamento bibliográfico sobre barragens de sedimentação de rejeitos, resultantes do beneficiamento de carvão, atendendo a demanda dos órgãos fiscalizadores; b) criar um Plano de Ação Emergencial; c) definição de um cenário com maior probabilidade de ocorrência; d) elaborar um fluxograma de notificação em caso de Alerta e Emergência. Foram levantados os dados declarados pelas empresas mineradoras no Relatório Anual de Lavra (RAL) e comparados com os das vistorias realizadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), além dos dados da pluviometria mensal durante os anos de 2011 a 2015, na estação meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) em Urussanga/SC. As análises dos dados subsidiaram a necessidade de elaboração de PAE e foram fundamentais para definição do cenário com maior probabilidade de ocorrência na região Carbonífera Sul Catarinense. Foi desenvolvido o PAE com base na ocorrência de chuvas anômalas na região e definido um fluxograma de notificações em caso de alerta e emergência, bem como, as ações corretivas a serem realizadas durante o período de estiagem. Todos os objetivos propostos foram alcançados na elaboração do PAE, baseado na Portaria nº 526/2013 do DNPM. As oito barragens estudadas, enquadraram-se na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cinco delas necessitam da elaboração do Plano de Ação Emergencial (PAE).

Palavras-chave: Plano de Ação Emergencial. Dano Potencial Associado Alto. Barragem de Mineração.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Método construtivo da Linha de Montante.	20
Figura 02 - Método construtivo da Linha de Jusante.....	22
Figura 03 - Método construtivo da Linha do Centro.	23
Figura 04 - Extravasor construído tipo torre.	27
Figura 05 - Extravasor tipo galeria de encosta.	27
Figura 06 - Extravasores tipo sifão e pontão.....	29
Figura 07 - Transbordamento da barragem de sedimentação de finos de carvão em Lauro Muller/SC.	50
Figura 08 - Fluxograma de notificações	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Diferentes métodos construtivos versus método convencional.....	24
Quadro 02 - Classificação das Características Técnicas (CT).....	30
Quadro 03 - Classificação do Estado de Conservação (EC).....	31
Quadro 04 - Classificação do Plano de Segurança de Barragem (PS).....	32
Quadro 05 - Realização do somatório total da Categoria de Risco (CRI).	33
Quadro 06 - Faixas de classificação da Categoria de Risco (CRI).....	33
Quadro 07 - Classificação do Dano Potencial Associado (DPA)..... (Continua)	34
Quadro 08 - Faixas de classificação do Dano Potencial Associado (DPA).....	35
Quadro 09 - Classificação final do Dano Potencial Associado versus Categoria de Risco.	35
Quadro 10 - Principais métodos utilizados <i>versus</i> emprego.....	41
Quadro 11 - Principais problemas nas fundações e maciço de terra ou de rejeitos..	42
Quadro 12 - Classificação das barragens de mineração de acordo com o RAL (Relatório Anual de Lavra) 2014 ano-base 2013.....	57
Quadro 13 - Classificação do DNPM com visita <i>in loco</i> nas barragens.....	58
Quadro 14 - Informações gerais da barragem.....	66
Quadro 15 – Respostas aos níveis de emergências considerados.....	70
Quadro 16 - Perigos comuns em barragens e as possíveis ações preventivas. (Continua)	71
Quadro 17 – Cenário de chuvas anômalas e ações esperadas..... (Continua)	73
Quadro 18 - Ações corretivas e preventivas a serem tomadas após o encerramento da emergência.....	79
Quadro 19 - Responsabilidades do empreendedor e do coordenador do PAE.....	80
Quadro 20 - Responsabilidades da equipe de segurança, notificação e evacuação.	81

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Média da chuva mensal acumulada em mm nos últimos 30 anos.....	59
Gráfico 02 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses do ano de 2011.	60
Gráfico 03 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses do ano de 2012.	61
Gráfico 04 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses do ano de 2013.	61
Gráfico 05 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses do ano de 2014.	62
Gráfico 06 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses de janeiro a outubro de 2015	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANPC	Autoridade Nacional de Proteção Civil de Portugal
APP	Área de Preservação Permanente
CBDB	Comitê Brasileiro de Barragens
CMP	Cheia Máxima Provável
CNRH	Conselho Nacional dos Recursos Hídricos
CRI	Categoria de Risco
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CT	Características Técnicas
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DPA	Dano Potencial Associado
EC	Estado de Conservação
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FATMA	Fundação de Apoio e Tecnologia ao Meio Ambiente
INAG	Instituto da Águas de Portugal
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
PAE	Plano de Ação Emergencial
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PS	Plano de Segurança
PSB	Plano de Segurança de Barragem
SDG	Secretária de Desenvolvimento Regional
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SMP	Sismo Máximo de Projeto
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TR	Tempo de Recorrência
USBR	<i>United States Bureau of Reclamation</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZAS	Zona de Auto Salvamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	15
2.1 OS MINERAIS.....	15
2.2 CARVÃO	15
2.2.1 Características e propriedades	16
2.2.2 Lavra.....	16
2.2.3 Beneficiamento.....	16
2.2.4 Disposição de Rejeitos	17
2.3 BARRAGEM DE REJEITO.....	17
2.3.1 Proprietários de barragem.....	18
2.3.2 Principais métodos construtivos de barragens de rejeito.....	18
2.3.2.1 Método da Linha de Montante.....	19
2.3.2.2 Método da Linha de Jusante	21
2.3.2.3 Método da Linha do Centro	23
2.3.3 Principais características geotécnicas dos rejeitos.....	25
2.3.3.1 Densidade	25
2.3.3.2 Índices de Vazios Inicial	25
2.3.3.3 Consolidação ou Adensamento.....	25
2.3.3.4 Compressibilidade	25
2.3.3.5 Permeabilidade	26
2.3.4 Sistemas extravasores de barragem de rejeito	26
2.3.4.1 Tulipa.....	26
2.3.4.2 Galeria de Encosta.....	27
2.3.4.3 Pontão	28
2.3.4.4 Sifão	28
2.3.5 Classificação das barragens	29
2.3.6 Gestão da segurança em barragens de rejeito.....	36
2.3.6.1 Borda livre	36
2.3.6.2 Mapas de Inundações	37
2.3.6.3 Sismos.....	37
2.3.6.4 Cheia Máxima Provável.....	37
2.3.7 Relatório de segurança de barragens	38
2.3.8 Elementos a serem vistoriados em uma barragem.....	38

2.3.8.1 Deslocamento superficial	38
2.3.8.2 Rachaduras	38
2.3.8.3 Face da jusante e o pé da barragem.....	39
2.3.8.4 Sistemas de drenagem.....	39
2.3.8.5 Instrumentação.....	39
2.3.8.6 Operação de Barragem de Rejeito	39
2.3.8.7 Instrumentação.....	41
2.3.8.8 Principais problemas <i>versus</i> instrumentação	42
2.3.8.9 Manutenção.....	42
2.4 PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL (PAE).....	43
2.4.1 Estrutura do PAE.....	43
2.4.1.1 Identificação e avaliação de situação de emergência	44
2.4.1.2 Ações preventivas	44
2.4.1.3 Procedimentos de notificação	45
2.4.1.4 Fluxograma de notificação	45
2.4.1.5 Sistema de comunicação	45
2.4.1.6 Acessos ao local	46
2.4.1.7 Resposta durante períodos de falta de energia elétrica	46
2.4.1.8 Resposta durante períodos de intempéries.....	46
2.4.1.9 Fontes de Equipamentos e Mão de Obra.....	46
2.4.1.10 Estoques e Materiais de Suprimentos	47
2.4.1.11 Fontes de Energia de Emergência	47
2.4.1.12 Mapas de Inundações	47
2.4.1.13 Apêndices.....	47
2.4.2 Manutenção e teste de um PAE	48
2.4.3 Treinamento.....	48
2.5 ACIDENTE EM BARRAGEM DE MINERAÇÃO	48
2.6 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	50
3 METODOLOGIA	53
3.1 ESTRUTURAÇÃO.....	53
3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS.....	54
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	55
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	57
4.1 CLASSIFICAÇÕES DAS BARRAGENS.....	57

4.2 LEVANTAMENTO PLUVIOMÉTRICO.....	59
4.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	63
5 PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL.....	65
5.1 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM DE MINERAÇÃO	65
5.1.1 Descrição da barragem de mineração e estruturas associadas	67
5.1.2 Caracterização das estruturas e população a jusante na barragem	67
5.2 PLANO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE SEGURANÇA	68
5.3 DEFINIÇÃO DE RISCO, PERIGO, ACIDENTE E DANO	68
5.4 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÕES E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE PERIGO	69
5.5 PERIGOS COMUNS E AÇÕES PREVENTIVAS EM BARRAGENS	70
5.6 CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO COM MAIOR PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA.....	72
5.7 FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO EM CASO DE ALERTA OU EMERGÊNCIA	75
5.8 AVISO Á POPULAÇÃO.....	76
5.9 AÇÃO CORRETIVA	78
5.10 RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE.....	79
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
REFERÊNCIAS.....	85
ANEXO(S).....	88
ANEXO A - Formulário de vistoria para barragem de mineração.....	89
ANEXO B - Modelo de ficha de inspeção especial de barragem.....	97
ANEXO C - Declaração de emergência.....	99
ANEXO D – Declaração de encerramento da emergência.....	100

1 INTRODUÇÃO

Barragem é termo utilizado para designar a estrutura com a finalidade de retenção ou acumulação de líquidos ou misturas de líquidos e sólidos, incluindo o barramento e as estruturas associadas. Neste trabalho será abordado as barragens de mineração, que tem por finalidade a decantação dos rejeitos com granulometria fina a ultrafina provenientes da usina de beneficiamento de carvão.

As barragens estão sendo frequentemente utilizadas nos últimos anos em função do crescimento dos rejeitos resultantes do beneficiamento do minério. Isso ocorre por conta da viabilidade econômica e tecnológica, que fornece aos empreendedores o aproveitamento de minerais de baixo teor e às vezes de difícil beneficiamento.

Essas estruturas devem atender aos requisitos de proteção ambiental e segurança, além de haver o controle durante o alteamento e disposição dos rejeitos. Diante disso, foi sancionada a Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) que define que a fiscalização da segurança e classificação ficará por conta dos órgãos fiscalizadores (BRASIL, 2010).

O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) fazendo uso de suas atribuições constantes no art. 16º da mesma lei, como entidade que cedeu os direitos minerários e tem o dever de fiscalizar as atividades de pesquisa e lavra para o aproveitamento mineral e as estruturas decorrentes destas atividades, cria duas portarias específicas, a 416 de 03 de setembro de 2012 e 526 de 09 de dezembro de 2013. A Portaria nº 416/2012, regulamenta o Plano de Segurança de Barragens (PSB), Revisão Periódica, Inspeções Regulares e Especiais. Enquanto que a Portaria nº 526/2013, trata do Plano de Ação Emergencial (PAE) e qualificação do responsável técnico, sendo que as barragens que necessitam atender essa portaria são aquelas em que o Dano Potencial Associado (DPA) resulte em Alto no resultado da classificação. O critério adotado para classificação das barragens fica por conta do CNRH (Conselho Nacional dos Recursos Hídricos), que de acordo com o art. 7º da Lei nº 12.334/2010 é tratado em resolução específica nº 143 de 10 de julho de 2012 (BRASIL, 2012a, 2012b, 2013).

O trabalho aqui apresentado representa um projeto de estágio desenvolvido no escritório regional do DNPM em Criciúma, este, voltado para a fiscalização de carvão na região Carbonífera Sul Catarinense.

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho buscou o desenvolvimento de um Plano de Ação Emergencial. A definição desse objetivo foi embasada de acordo com as necessidades enfrentadas pelos mineradores diante da fiscalização, tendo em vista que muitos empreendimentos durante a vistoria não possuíam o PSB (Plano de Segurança de Barragens) e nos casos em que a classificação resultava em Dano Potencial Associado Alto, não possuíam Plano de Ação Emergencial (PAE) para os casos de incidentes/acidentes nas barragens.

Nesse contexto, para ratificar o presente trabalho na linha de pesquisa “Saúde e Segurança no Trabalho”, foram traçados também os objetivos específicos, a saber: a) realizar um levantamento bibliográfico sobre barragens de sedimentação de rejeitos finos e ultrafinos, resultantes do beneficiamento de carvão, atendendo a demanda dos órgãos fiscalizadores; b) criar um Plano de Ação Emergencial; c) definição de um cenário com maior probabilidade de ocorrência; d) elaborar um fluxograma de notificação em caso de Alerta e Emergência.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Neste capítulo serão apresentadas as revisões bibliográficas que foram realizadas referentes ao tema abordado, tais como: conceitos, métodos construtivos de barragens, sistemas extravasores, quesitos necessários em um PAE (Plano de Ação Emergencial), entre outros.

2.1 OS MINERAIS

Para compreender os minerais, é necessário entender sua composição já que alguns são encontrados em estado puro, ou seja, por um único elemento e outros são encontrados por dois ou mais elementos. Os minerais podem ser definidos como compostos inorgânicos sólidos, com formas e composições definidas. Já os minérios são rochas especiais, que contém um ou mais minerais quem podem ser explorados economicamente (BEI, 2004).

2.2 CARVÃO

O carvão mineral é conhecido pela humanidade séculos antes de Cristo. É um recurso energético, não renovável, de maior abundância no Globo Terrestre (MÜLLER et al., 1987).

A Bacia Carbonífera do Sul Catarinense é uma das mais importantes bacias do Sul do Brasil, pois abrange as maiores reservas de carvão coqueificável economicamente exploráveis do território nacional. Situa-se do sul do município de Araranguá e vai além do município de Lauro Muller, em uma extensão de 100 km Norte/Sul e largura de 20 km (MÜLLER et al., 1987)

O carvão na região foi descoberto em 1822, mas as primeiras minas foram abertas em 1880. Nos anos de 1945, a mineração de carvão teve grande impulso por conta da criação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) (MÜLLER et al., 1987).

As camadas de carvão encontradas no sul catarinense são de, no mínimo oito, descritas do topo para a base: a) Treviso, b) Barro Branco, c) Irapuá, d) Ponte Alta, e) Bonito Superior, f) Bonito inferior, g) Pré-Bonito Superior, h) Pré-Bonito Inferior

(MÜLLER et al., 1987).

2.2.1 Características e propriedades

O carvão é definido como uma rocha sedimentar combustível, formada há milhões de anos atrás por vegetais, que sofreram compactação em bacias pouco profundas. Esse mineral possui aparência lamelar por conta de seus constituintes individuais, chamados de macerais, e de suas propriedades que podem ser comparadas as dos minerais que constituem as rochas (SANTA CATARINA, 1990).

2.2.2 Lavra

O conjunto de operações para o desmonte e extração das camadas de carvão é chamado de atividade de lavra. De acordo com as condições das jazidas, as atividades de lavra podem ser desenvolvidas em subsolo ou a céu aberto (MÜLLER et al., 1987).

Os principais resíduos sólidos gerados na atividade de mineração são: estéreis e rejeitos. Os estéreis são resultados da extração do mineral, através da escavação e decapeamento da jazida, não possuindo valor econômico e são dispostos em pilhas, quando retirado da jazida. Os rejeitos são resultados das etapas de beneficiamento do minério, sendo que nessas etapas o minério adquire a granulometria, teor, pureza e qualidade desejada (SILVA et al., 2012).

2.2.3 Beneficiamento

A mineração produz uma grande quantidade de resíduos, os quais requerem disposição adequada para não impactarem o meio ambiente.

De acordo com o tipo de minério que está sendo beneficiado se obtêm um determinado tipo de rejeito, podendo variar de rejeitos granulares (granulometria de areia médias e finas), ou lamas (granulometrias de siltes e argila) (SANTOS et al., [199?]).

2.2.4 Disposição de Rejeitos

Os rejeitos produzidos na usina de beneficiamento podem ser descartados de duas maneiras: líquida ou sólida. Na forma líquida (polpas), o rejeito é transportado através de tubulações com bombas ou por gravidade. Na forma sólida o rejeito (pasta ou granel) é transportado por correias transportadoras ou caminhões (SANTOS et al., [199-?]).

Segundo Santos et al, ([199-?]) a disposição dos rejeitos pode ser realizada através de três métodos:

a) disposição subterrânea: consiste em preencher as galerias onde o minério foi extraído, com o próprio rejeito, comumente chamado pela expressão “*Run of Mine*”;

b) disposição superficial: o rejeito é disposto em diques ou barragens, quando se apresenta em forma líquida. Quando o rejeito se apresenta em forma sólida é disposto em pilhas. É em geral o método mais utilizado;

c) disposição subaquática: não é recomendada devido aos impactos subaquáticos resultantes que são desfavoráveis e muitas vezes irreversíveis.

2.3 BARRAGEM DE REJEITO

A necessidade cada vez maior por bens minerais juntamente com o desenvolvimento econômico e tecnológico, fornece às empresas mineradoras viabilidade para o aproveitamento de minerais de baixo teor ou ainda aqueles de difícil beneficiamento. De acordo com este contexto ocorre o aumento dos rejeitos produzidos, quase sempre superando a quantidade do produto final. Os rejeitos com propriedades finas a ultrafinas são dispostos em barragens para que ocorra a sedimentação. Esta deve ser construída em etapas e posteriormente alteada para atender a demanda da mina (LUZ et al., 2010a).

A barragem é uma alternativa segura na etapa de disposição de rejeito e pode construída por métodos tradicionais (terra compactada), material resultante do próprio beneficiamento ou estéril (LUZ et al., 2010a).

Essas estruturas devem atender aos requisitos de proteção ambiental,

segurança e recuperação por fazerem parte do pátio operacional da mina e estarem situados no entorno social e ambiental, que precisa ser preservado (LUZ et al., 2010).

A disposição dos rejeitos por meio de diques e barragens é o mais utilizado no país, pois podem ser construídas de solo natural ou com o próprio rejeito, classificando-se como barragem natural ou barragem de contenção alteadas com rejeitos (SILVA et al., 2012).

2.3.1 Proprietários de barragem

O proprietário da barragem é o responsável pela segurança, manutenção, monitoramento, realização de medidas preventivas, corretivas e de garantir que a barragem seja projetada por um profissional responsável e competente (DUARTE, 2008).

O proprietário deve estar familiarizado com as regulamentações sobre barragem e assegurar que as mesmas sejam cumpridas, submetendo o projeto da barragem à checagem por profissionais independentes e realizando vistorias periódicas na barragem. Isso faz parte dos documentos que vincula a verdade entre os legisladores, órgãos fiscalizadores e a comunidade (DUARTE, 2008).

As boas práticas de gestão de barragem envolvem altos custos, porém as despesas são mais elevadas se uma estrutura de contenção de rejeitos falhar, causando impactos ambientais e sociais.

2.3.2 Principais métodos construtivos de barragem de contenção de rejeito

O projeto de construção das barragens, dita convencionais (terra compactada), geralmente construídas com o próprio rejeito, são comumente construídas em etapa única ou, em dois ou três alteamentos. A construção em mais de uma etapa acaba por encarecer o empreendimento, em razão de necessitar de mão de obra e equipamentos (LUZ et al., 2010a).

O material para alteamento pode ser encontrado na própria mina, podendo ser utilizados, além dos rejeitos, o material de decapeamento e estéreis da mina. O alteamento é interessante para o minerador, pois o mesmo pode realizar esta tarefa,

com sua equipe especializada (LUZ et al., 2010a).

Nas barragens de sedimentação de efluentes líquidos, onde o método construtivo envolve alteamentos constantes, é necessária a construção de uma barragem inicial, ou seja, um dique de 5 m de terra compactada (LUZ et al., 2010a).

A construção da barragem de sedimentação de efluentes líquidos deve ser um processo contínuo, a fim de acompanhar os resultados, modificações e aprimoramentos. Assim, os efluentes gerados no beneficiamento serão dispostos de forma segura, diminuindo os acidentes (LUZ et al., 2010a).

2.3.2.1 Método da Linha de Montante

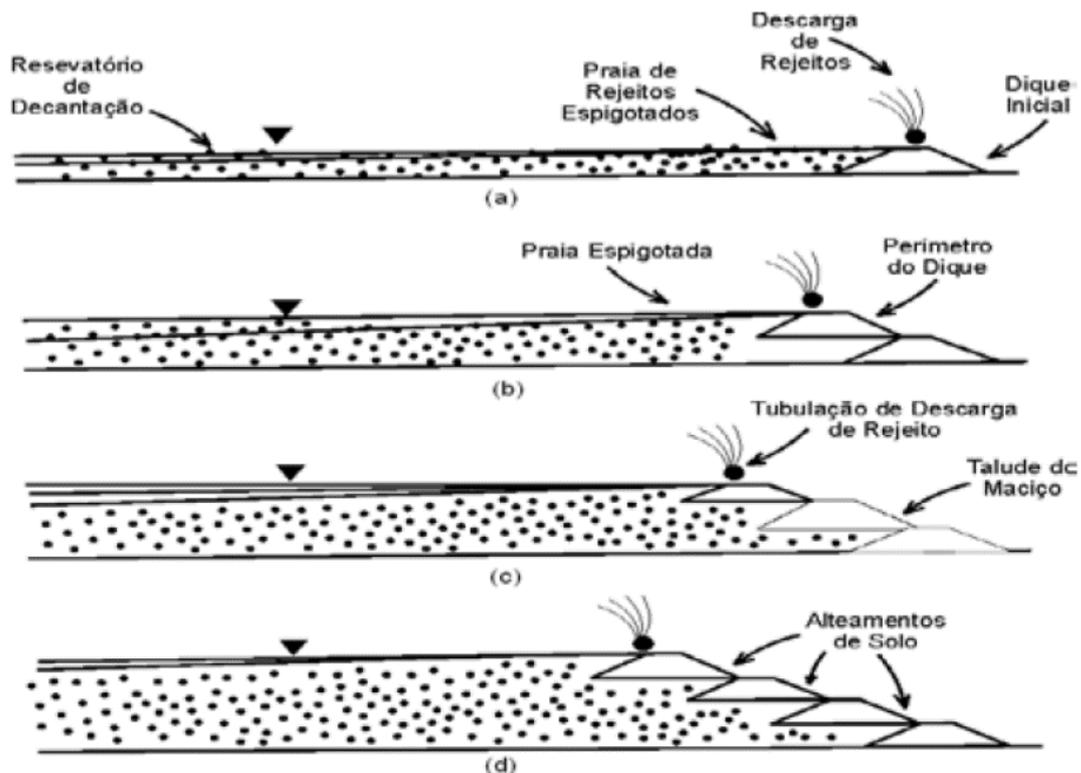
Neste método, o eixo da obra se dirige para a montante e há o aproveitamento do rejeito depositado para futuros alteamentos. O procedimento envolve o lançamento desde a crista do dique inicial, de modo a formar-se uma praia, a qual servirá como alicerce para um novo alteamento (LUZ et al., 2010a).

O método da Linha de Montante visa reduzir o custo de construção, utilizando o próprio rejeito como parte da contenção da barragem.

A estrutura da barragem envolve a construção de um dique inicial, basicamente um aterro com material impermeável e um suporte para a linha onde os rejeitos serão descartados. Após a finalização do dique inicial, o rejeito é lançado a montante da crista, desenvolvendo uma praia, a qual servirá de base para os próximos alteamentos (SILVA et al., 2012).

No momento em que o grau dos rejeitos no reservatório estiver na cota máxima, um novo dique é realizado na direção à montante do dique anterior (SILVA et al., 2012). A figura 01 ilustra o método construtivo da Linha de Montante.

Figura 01 - Método construtivo da Linha de Montante.



Fonte: Vicy, 1983 apud Luz et al., 2010b.

As vantagens deste método são descritas a seguir:

- a) menor custo construtivo;
- b) maior velocidade de alteamento;
- c) menores volumes na etapa de alteamento;
- d) pouca necessidade de equipamentos de terraplanagem (LUZ et al., 2010a).

As desvantagens deste método são descritas a seguir:

- a) menor coeficiente de segurança, por conta da linha freática, que às vezes se encontra próxima ao talude de jusante;
- b) a superfície de ruptura passa pelos rejeitos sedimentados, porém não compactados;
- c) há risco de ruptura por conta da liquefação da pasta de rejeito, pelos efeitos de sismos naturais ou vibrações ocasionadas por explosões ou fluxo de equipamentos (LUZ et al., 2010a).

Em locais onde é típico de ocorrência de vibrações, seja por placas tectônicas, desmonte de explosivo na mina ou passagem de veículos, adverte-se que este método deve ser descartado.

Esses tipos de barragens também não devem ter grande altura, e a velocidade de realização de alteamento ficam restritas às propriedades dos rejeitos (LUZ et al., 2010a).

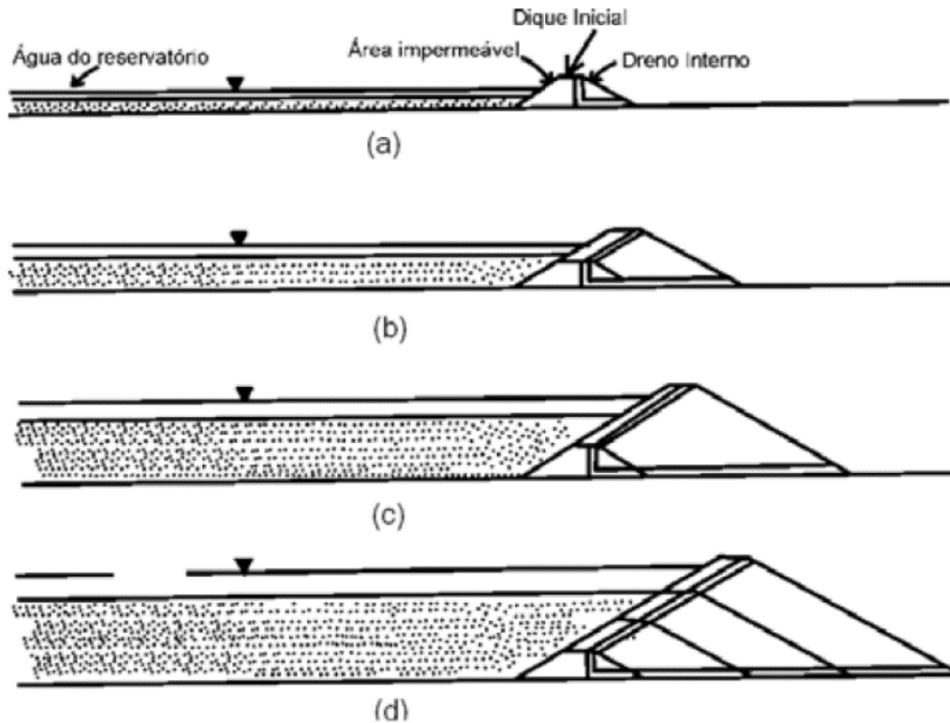
2.3.2.2 Método da Linha de Jusante

Neste método, a linha do centro (eixo da barragem), se dirige a jusante durante as etapas de alteamentos. Faz-se necessário a construção de um dique inicial, impermeável, utilizando-se material argiloso (LUZ et al., 2010; SILVA et al., 2012a).

Neste tipo de barragens, utilizam-se rejeitos grossos no processo de alteamento, podendo chegar a grandes alturas. O material utilizado para construção pode ser o próprio rejeito, solos de empréstimos ou estéreis (LUZ et al., 2010; SILVA et al., 2012a).

A figura 02 ilustra o método construtivo da Linha de Jusante.

Figura 02 - Método construtivo da Linha de Jusante.



Fonte: Vicy, 1983 apud Luz et al., 2010b.

As vantagens deste método são descritas a seguir:

- a) maior segurança por alteamento controlado;
- b) menores chances de entubamento (*piping*) e de rupturas horizontais;
- c) maior resistência a vibrações provocadas por sismos naturais e vibrações;
- d) permite a instalação de sistema de drenagem e impermeabilização, à medida que se procede ao alteamento (LUZ et al., 2010a).

As desvantagens deste método estão descritas a seguir:

- a) custo elevado;
- b) maior volume a ser movimentado e compactado;
- c) menor velocidade de alteamento da barragem;
- d) não permite a proteção com cobertura vegetal e nem drenagem superficial, durante a fase construtiva (LUZ et al., 2010a).

Este método apresenta-se seguro, por conta da qualidade do controle do

maciço e da drenagem interna. Dessa forma, o risco de ruptura por liquefação e *piping* torna-se reduzido (SILVA et al., 2012).

A inviabilização do projeto fica por conta do elevado custo para o alteamento, por se tratar de grandes volumes. Os rejeitos necessitam ser dispostos mecanicamente, o que torna o projeto de difícil execução do ponto de vista técnico e econômico (SILVA et al., 2012).

2.3.2.3 Método da Linha do Centro

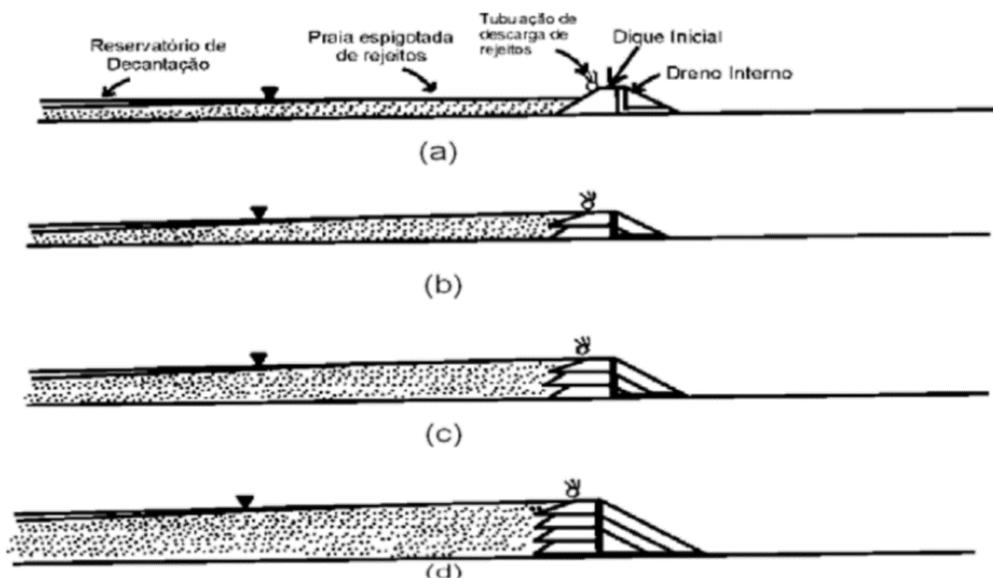
Este método é o intermediário entre o método da linha de montante e o da linha jusante. Sendo que, o método Linha do Centro se aproxima mais do método a jusante (LUZ et al., 2010a; SILVA et al., 2012).

Inicialmente é construído um dique inicial, e os rejeitos são lançados a montante do mesmo, desenvolvendo uma praia. Os alteamentos seguintes são lançados sobre o limite da praia e no talude a jusante do maciço inicial, tornando-se o eixo da crista do dique inicial e dos alteamentos subsequentes (SILVA et al., 2012).

Na verdade este método tanto inclui vantagens, como ameniza as desvantagens dos outros métodos.

A figura 03 ilustra o método construtivo da Linha do Centro.

Figura 03 - Método construtivo da Linha do Centro.



Fonte: Vicy, 1983 apud Luz et al., 2010b.

As vantagens deste método são descritas a seguir:

- a) facilidade construtiva;
- b) o material para alteamento pode vir de áreas de empréstimo, hidrociclones ou estéril;
- c) facilita o controle da linha freática no talude a jusante (LUZ et al., 2010a).

As desvantagens deste método estão descritas a seguir:

- a) a área a montante está sujeita a escorregamentos;
- b) é inevitável o uso de um hidrociclone;
- c) além da necessidade de um dique inicial, requer um enrocamento de pé para conter o avanço do *underflow*;
- d) não facilita o tratamento da superfície do talude a jusante (LUZ et al., 2010a).

No quadro 01 serão sistematizadas as principais características e os aspectos relativos à segurança dos métodos construtivos, confrontada com o método convencional.

Quadro 01 - Diferentes métodos construtivos *versus* método convencional.

	Convencional	Montante	Jusante	Linha de Centro
Tipo de Rejeito	Qualquer tipo.	Mais de 40% de areia; Baixa densidade de polpa	Qualquer tipo	Areias ou lamas de baixa plasticidade
Armazenamento d'Água	Boa	Não recomendado para grandes volumes	Boa.	Não recomendada para armazenamento permanente.
Resistência Sísmica	Boa	Pobre em áreas de alta sismicidade	Boa	Aceitável
Restrições de alteamento	De uma vez, ou em poucas etapas.	Recomendável menos de 5 a 10 mm/ano	Nenhuma	Pouca
Requisitos de Alteamento	Materiais naturais ou estéreis.	Solo natural. Rejeito ou estéril	Rejeito ou estéril.	Rejeitos ou estéril.
Custo Relativo do corpo do aterro	Alto (3V _m)	Baixo V _m	Alto (3V _m)	Moderado 2V _m

Legenda: V_m = Volume da barragem pelo método a montante.

Fonte: Nieble, 1986 apud Luz et al., 2010a adaptado pela autora, 2015.

2.3.3 Principais características geotécnicas dos rejeitos

Dependendo do tipo de minério e do método adotado para beneficiamento, os rejeitos apresentam diferentes características. Em relação à granulometria, os rejeitos resultantes do beneficiamento são materiais finos, variando entre coloides e areia. A granulometria é a característica mais importante e determina como será o comportamento do rejeito e ainda serve como fator determinante no processo de construção da barragem (LUZ et al., 2010a).

2.3.3.1 Densidade

A densidade pode ser classificada em seca ou índice de vazios, e se relaciona com os seguintes fatores: granulometria, gravidade específica e conteúdo argiloso. A densidade do rejeito que é disposto em barragem, dependerá do método de lançamento adotado (LUZ et al., 2010a).

2.3.3.2 Índices de Vazios Inicial

É caracterizado pelo fim da sedimentação e o início da consolidação. Não é uma tarefa fácil especificar quando termina uma fase e inicia outra, por isso é necessário determinar o índice de vazios inicial, geralmente, arbitrário (LUZ et al., 2010a).

2.3.3.3 Consolidação ou Adensamento

Os rejeitos podem possuir frações finas, os quais podem levar até dezenas de anos para se consolidarem. Os materiais que se localizam próximos a superfícies da barragem possuem maior índices de vazios (LUZ et al., 2010a).

2.3.3.4 Compressibilidade

O lançamento do rejeito, ocorrendo por meios hidráulicos, irá ocasionar a formação de camadas fofas, frequentemente formada por grãos finos, angulosos e

como consequência, materiais de alta compressibilidade. Quando esses materiais alcançam a saturação máxima, tornam-se materiais de baixa permeabilidade (LUZ et al., 2010a).

2.3.3.5 Permeabilidade

Não é comum as empresas realizarem o estudo de permeabilidade, por conta da variação de areias grossas e finas até argilas compactadas. Porém a sedimentação do material em relação à sua granulometria influencia na permeabilidade, por isso é necessário que as empresas realizem esse estudo (LUZ et al., 2010a).

O índice de vazios é um fator importante para permeabilidade dos rejeitos, pois estes podem causar oscilações na permeabilidade, de até 5 vezes em rejeitos grossos, e 10 vezes nas lamias (LUZ et al., 2010a).

As barragens de sedimentação de rejeitos possuem alterações significativas de permeabilidade entre a direção horizontal e vertical. Essa alteração acontece por conta da natureza das camadas e da razão entre permeabilidade horizontal e vertical (LUZ et al., 2010a).

2.3.4 Sistemas extravasores de barragem de rejeito

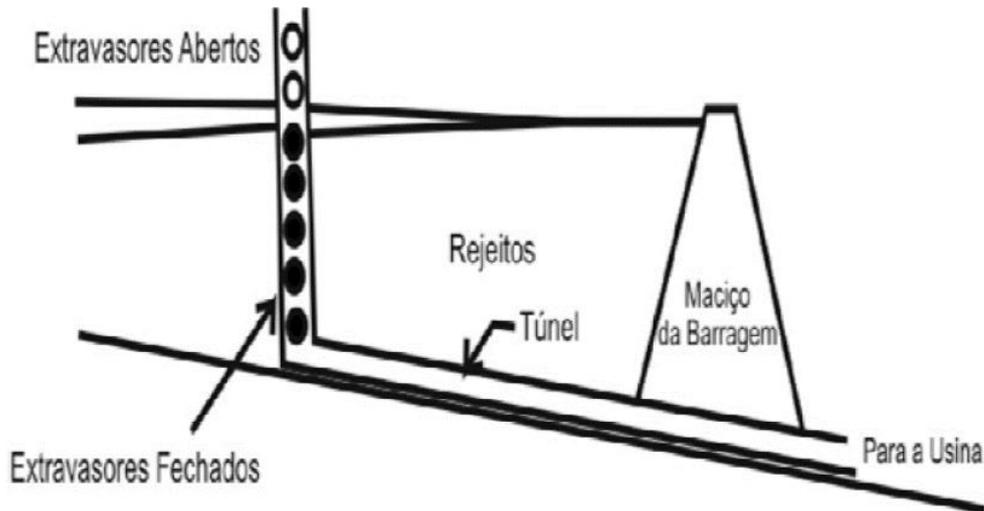
Este elemento de segurança deve ser utilizado somente em casos excepcionais. Os mesmos são instalados para remoção das águas excedentes que alimentam o reservatório (LUZ et al., 2010a).

2.3.4.1 Tulipa

Neste sistema há o controle do nível d'água no reservatório onde está ocorrendo a sedimentação do rejeito, através de uma torre de concreto armado ou tubulação de metal construída dentro da barragem, conforme ilustra a figura 04. Este sistema possui facilidade construtiva, possibilita alteamentos, manutenção, limpeza, entre outros (LUZ et al., 2010a).

Em barragens de grande porte, este método exige grandes investimentos em relação aos outros sistemas (LUZ et al., 2010a).

Figura 04 - Extravasor construído tipo torre (tulipa).

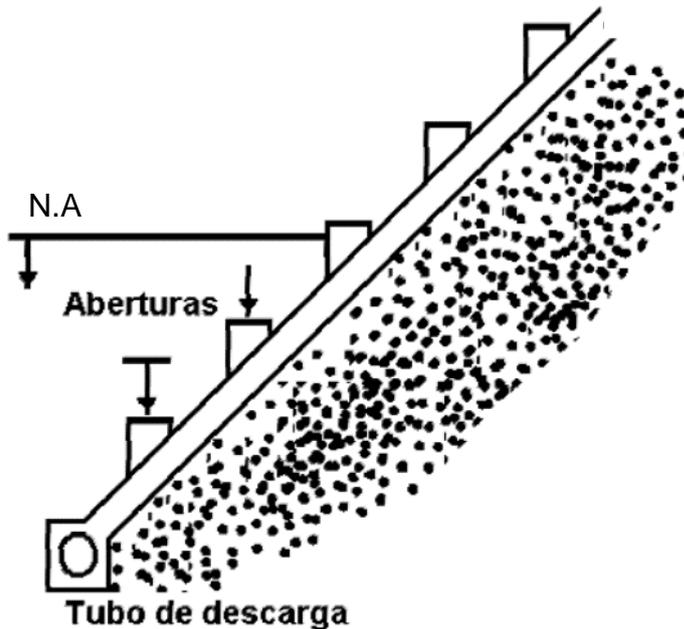


Fonte: Luz et al., 2010b.

2.3.4.2 Galeria de Encosta

O sistema consiste na construção de uma galeria de concreto ou tubos metálicos inclinados, implantada sobre a encosta/ombreira da barragem, conforme figura 05. Essas galerias estão interligadas umas às outras no fundo e servem para conduzir a água à jusante por sob o maciço da barragem (LUZ et al., 2010a).

Figura 05 - Extravasor tipo galeria de encosta.



Fonte: Vick, 1983 apud Luz et al., 2010b.

2.3.4.3 Pontão

O sistema consiste na utilização de uma balsa flutuante nas quais estão bombas d'água, que coletam a água e as enviam para unidade de beneficiamento, conforme figura 06. Este método é utilizado quando se deseja reutilizar a água na usina de beneficiamento (LUZ et al., 2010a).

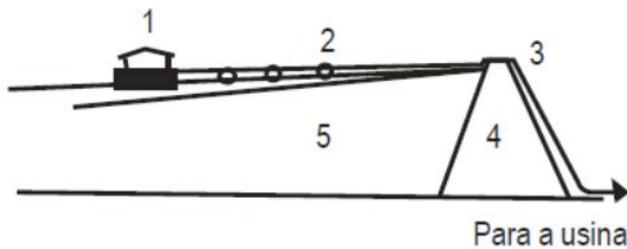
A vantagem deste método está na alternativa do pontão poder circular pelos pontos da barragem onde a água seja mais limpa, desviando dos locais onde a sedimentação ainda está ocorrendo (LUZ et al., 2010a).

2.3.4.4 Sifão

Este sistema permite a passagem da água sobre a crista da barragem até o pé da jusante, utilizando sifões, ilustrado na figura 06, que podem ser temporários ou permanentes. Este método está restrito a locais onde há água limpa, pois, os sedimentos podem entupir as tubulações, e ainda causar erosões. O sistema também exige um cuidado permanente, para que funcione adequadamente (LUZ, et al.,

2010a).

Figura 06 - Extravasores tipo sifão e pontão.



Legenda

- 1 Balsa e casa de bomba ou Sifão
- 2 Suporte pontão
- 3 Nível de retorno d'água
- 4 Maciço da Barragem

Fonte: Vicy, 1983 apud Luz et al., 2010b.

2.3.5 Classificação das barragens

As barragens de mineração destinadas à sedimentação de rejeito são classificadas em A, B, C, D e E, de acordo com o Dano Potencial Associado e ao Risco, como exemplifica o quadro 09. Conforme Brasil (2012a) esse quadro serve para a classificação das barragens quanto a periodicidade de atualização do Plano de Segurança de Barragem (PSB):

- a) classe A: a cada 5 anos;
- b) classe B: a cada 5 anos;
- c) classe C: a cada 7 anos;
- d) classe D: a cada dez anos; e
- e) classe E: a cada 10 anos.

De acordo com Brasil (2012b) na Categoria de Risco, as barragens são classificadas conforme os aspectos técnicos, estado de conservação e Plano de Segurança, que através de um quadro podem prever a possibilidade de ocorrência de um acidente. O Dano Potencial Associado se baseia nas áreas que serão diretamente afetadas em caso de rompimento da estrutura. Os parâmetros gerais levados em consideração no Dano Potencial Associado são:

- a) existência de população a jusante da barragem, com potencial perda de

vidas humanas;

- b) existência de unidades habitacionais, urbanas ou comunitárias;
- c) existência de infraestrutura ou serviços;
- d) existência de equipamentos de serviços públicos essenciais;
- e) existência de áreas protegidas, definidas em legislação;
- f) natureza dos rejeitos ou dos resíduos armazenados;
- g) volume.

Para classificar uma barragem é necessário utilizar a relação Categoria de Risco *versus* Dano Potencial associado como descrito anteriormente. A Categoria de Risco envolve três aspectos a serem avaliados na classificação barragem.

a) Características Técnicas (CT): é a relação da altura, comprimento e vazão do projeto da barragem. De acordo com essas características, será atribuído um valor e realizado o somatório dos três parâmetros, conforme ilustra a quadro 02.

Quadro 02 - Classificação das Características Técnicas (CT).

Altura (a)	Comprimento (b)	Vazão do Projeto (c)
Altura \leq 15m (0)	Comprimento \leq 50m (0)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0)
15m < Altura < 30m (1)	50m < Comprimento < 200m (1)	Milenar (2)
30m \leq Altura \leq 60m (4)	200 \leq Comprimento \leq 600m (2)	TR (Tempo de Recorrência) = 500 anos (5)
Altura > 60m (7)	Comprimento > 600m (3)	TR Inferior a 500 anos ou desconhecida/ Estudo não confiável (10)
CT = Σ (a ate c)		

Fonte: Brasil, 2012b.

b) Estado de Conservação (EC): esse aspecto leva em consideração o estado de conservação e confiabilidade dos instrumentos, controle da percolação e estado de deterioração dos taludes. De acordo com estas características, será atribuído um valor e realizado o somatório dos quatro parâmetros, conforme ilustra o quadro 03.

Quadro 03 - Classificação do Estado de Conservação (EC).

Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (d)	Percolação (e)	Deformações e Recalques (f)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (g)
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferrugem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias. (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura. (10)
EC = Σ (d até g)			

Fonte: Brasil, 2012b.

c) Plano de Segurança da Barragem (PS): esse aspecto leva em consideração a documentação relativa à barragem, estrutura organizacional e

qualificação dos funcionários que operam a barragem, manuais de procedimentos para inspeção e monitoramento e análise da segurança. De acordo com as características, será atribuído um valor e realizado o somatório dos cinco parâmetros, conforme ilustra o quadro 04.

Quadro 04 - Classificação do Plano de Segurança de Barragem (PS).

Documentação de Projeto (h)	Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (i)	Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento (j)	Plano de Ação Emergencial - PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (k)	Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (l)
Projeto executivo e “como construído” (0)	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (0)	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação (0)	Possui PAE (0)	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança (0)
Projeto executivo ou “como construído” (2)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1)	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2)	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2)
Projeto básico (5)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4)	PAE em elaboração (4)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4)
Projeto conceitual (8)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6)	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções (8)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6)
Não há documentação de projeto (10)	-	-	-	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de análise de Segurança (8)
PS = Σ (h até l)				

Fonte: Brasil, 2012b.

Após a realização da caracterização desses três aspectos na Categoria de Risco, realiza-se o somatório do CT + EC + PS, quadro 05, e se obtém uma faixa de classificação, quadro 06, que será consultada no quadro 08 para a classificação final da barragem.

Quadro 05 - Realização do somatório total da Categoria de Risco (CRI).

Categoria de Risco	Pontos
Características Técnicas (CT)	
Estado de Conservação (EC)	
Plano de Segurança de Barragens (PS)	
PONTUACAO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS	0

Fonte: Brasil, 2012b.

Quadro 06 - Faixas de classificação da Categoria de Risco (CRI).

Categoria de Risco	CRI
ALTO	> = 60 ou EC=10
MÉDIO	35 a 60
BAIXO	< = 35

Fonte: Brasil, 2012b.

A classificação de acordo com o Dano Potencial Associado (DPA) é realizada através do atendimento da barragem nos quesitos: volume total do reservatório, existência de população a jusante, impacto ambiental e socioeconômico. De acordo com as características, será atribuído um valor e realizado o somatório dos quatro parâmetros, conforme ilustra o quadro 07.

Quadro 07 - Classificação do Dano Potencial Associado (DPA).

(Continua)

Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
Muito Pequeno < = 500 mil m ³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/ residentes ou temporárias/ transitando na área afetada à jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
Pequeno 500 mil a 5 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada à jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APP's, e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
Médio 5 milhões a 25 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada à jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	SIGNIFICATIVO (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APP's e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)	MÉDIO (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
Grande 25 milhões a 50 milhões m ³ (4)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada à jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)	MUITO SIGNIFICATIVO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (8)	ALTO (existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, Industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)

(Conclusão)

Muito Grande > = 50 milhões m ³ (5)	-	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I- Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (10)	-
DPA= Σ (a até d)			

Fonte: Brasil, 2012b.

Após a classificação do Dano Potencial Associado (DPA), atribuição dos valores e realização do somatório pode-se classificar a barragem de acordo com as faixas de classificação.

Quadro 08 - Faixas de classificação do Dano Potencial Associado (DPA).

DANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
ALTO	> = 13
MÉDIO	7 < DPA < 13
BAIXO	< = 7

Fonte: Brasil, 2012b.

De acordo com as faixas de classificações do DPA e CRI (Categoria de Risco) deve-se consultar o quadro 09 para a classificação final.

Quadro 09 - Classificação final do Dano Potencial Associado versus Categoria de Risco.

Dano Potencial Associado			
Categoria de Risco	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	C	D	E

Fonte: Brasil, 2012a.

No momento de classificação das barragens, as consequências mais drásticas devem prevalecer. Por exemplo, se as perdas econômicas forem “Muito Altas” e a perda de vidas humanas for “Alta”, a barragem pode ser classificada como risco de ruptura “Muito Alto” (CBDB, 2001).

2.3.6 Gestão da segurança em barragens de rejeito

As barragens de rejeito necessitam de um plano de emergência para eventuais não conformidades, por conta de sua estrutura teoricamente capaz de romper por uma catástrofe, causando danos para pessoas, patrimônio físico/social, econômico e para o meio ambiente. Uma das razões pela qual acontecem as falhas na barragem é que as mesmas não são operadas de acordo com os critérios adequados para projeto e operação. Quando ocorre investimento em segurança, os custos aumentam e sem benefício imediato, por esse motivo as barragens vêm sendo negligenciadas na área da mineração (DUARTE, 2008).

As abordagens para redução dos riscos nas barragens de contenção de rejeitos incluem: a) melhoria nas estruturas; b) melhoria nas inspeções; c) monitoramento; e d) manutenções (DUARTE, 2008).

As abordagens para redução do risco a jusante das barragens incluem: a) estimativa de chegada das ondas de rejeitos a diferentes locais; b) duração das inundações; e c) implementação e manutenção de procedimentos para advertências de emergências (DUARTE, 2008).

Os eventos naturais como inundações, sismos e deslizamentos de terra adicionam riscos e incertezas a longo prazo. Saber identificar o conjunto de fatores que contribuem para aumentar o risco é importante para manter uma estratégia duradoura na gestão de risco da barragem de rejeitos (DUARTE, 2008).

2.3.6.1 Borda livre

Na barragem de terra, a porcentagem de borda livre deve ser 95% das ondas criadas, a fim de evitar o galgamento da barragem. Eventualmente, pode ser necessária uma borda livre adicional ou providências contra galgamento em barragens próximas a encostas, onde podem ocorrer deslizamentos na área do reservatório (CBDB, 2001).

2.3.6.2 Mapas de Inundações

Uma análise sobre inundações deve ser feita em todas as barragens que necessitam de um Plano de Ação Emergencial (PAE). Durante a elaboração, vários cenários de possíveis rupturas devem ser estudados. A área que pode ser inundada devido a uma ruptura, deve levar em conta as seguintes condições: a) erro na cheia do projeto; b) ruptura induzida por uma falha a montante (CBDB, 2001).

Devem ser elaborados mapas de inundação ilustrando as áreas que serão atingidas. Existem programas de computadores disponíveis capazes de realizar esta análise (CBDB, 2001).

2.3.6.3 Sismos

As barragens devem ser projetadas para o SMP (Sismo Máximo de Projeto), que é frequentemente exercido pela movimentação severa da fundação, que foi escolhida para a execução do projeto. (CBDB, 2001).

O SMP pode variar de um lugar para outro, dependendo das condições tectônicas e da distância do epicentro do sismo. Comumente o SMP pode ser comparado com carregamento sísmico artificial, que poderia ocorrer devido a condições antrópicas (extração ou injeção de petróleo, água subterrânea ou sismicidade induzida) (CBDB, 2001).

2.3.6.4 Cheia Máxima Provável

O estudo de CMP (Cheia Máxima Provável) necessita considerar as situações mais drásticas “fisicamente possíveis” sobre a barragem, como por exemplo:

- a) tempestades;
- b) previsão de alterações atmosféricas.

Se ocorrer um evento não comum de grande magnitude na barragem, este estudo deve ser revisto (CBDB, 2001).

2.3.7 Relatório de segurança de barragens

O relatório de segurança de barragem deve quantificar todos os aspectos da barragem, bem como priorizar a implementação das medidas corretivas. Todos os aspectos de segurança devem estar descritos no relatório. (CBDB, 2001).

2.3.8 Elementos a serem vistoriados em uma barragem

As partes externas da barragem de terra podem revelar informações sobre o andamento de sua estrutura interior. Sendo assim, uma vistoria completa no entorno da barragem é importante. Se possível, também realizar vistorias quando a barragem estiver com sua carga máxima operacional (BHERING, 1987).

A barragem de terra deve ser detalhadamente vistoriada, em busca de possíveis deslocamentos, rachaduras, erosão superficial, vegetação, pontos molhados, entre outros. Qualquer um dos problemas acima, se não corrigidos, pode ocasionar a falha na barragem (BHERING, 1987).

2.3.8.1 Deslocamento superficial

O deslocamento superficial de uma barragem de terra pode ser, muitas vezes, detectado visualmente. A observação ao longo do alinhamento das estradas da barragem, parapeitos ou ainda, outros alinhamentos paralelos à barragem, podem ser comparados para identificar a existência de deslocamento superficial (BHERING, 1987).

2.3.8.2 Rachaduras

As rachaduras na superfície de uma barragem de terra podem indicar situações potencialmente inseguras. A profundidade das rachaduras deve ser estudada para melhor definir suas causas (BHERING, 1987).

2.3.8.3 Face da jusante e o pé da barragem

Segundo Bhering (1987) as áreas a jusante da barragem devem ser vistoriadas a fim de buscar pontos úmidos, bolhas, depressões, sumidouros ou nascentes que possam evidenciar o início de percolação excessiva. Essas áreas devem ser localizadas e mapeadas para comparar com vistorias posteriores. A percolação deve ser avaliada em períodos regulares, para assegurar que uma não conformidade se torne em uma condição insegura.

2.3.8.4 Sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem devem ser avaliados em relação à deterioração, corrosão ou obstrução dos drenos por materiais químicos ou biológicos (BHERING, 1987).

2.3.8.5 Instrumentação

A instrumentação inapropriada também indica uma condição insegura. Por esse motivo estes instrumentos devem ser vistoriados quanto a danos causados por vandalismo, erosão, atividades de máquinas ou elevação por geadas.

Dessa forma pode-se ter uma leitura confiável e sem interrupção dos instrumentos e ainda garantir que o sistema está sendo mantido (BHERING, 1987).

2.3.8.6 Operação de Barragem de Rejeito

De acordo com Luz et al. (2010a), os instrumentos necessários para a correta operação da barragem são:

- a) piezômetros, para indicação dos níveis de água nas fundações e no corpo da barragem;
- b) equipamentos para mensurar a velocidade de sedimentação dos finos na barragem;
- c) coletores de água para verificar as vazões que processam pelo corpo da

barragem.

As medidas destes equipamentos devem ser coletadas regularmente, conforme a frequência de acontecimentos e servem para futuras ações corretivas.

Na existência de poluição a jusante da barragem, é necessário definir pontos de coletas tanto superficiais como subterrâneas. Após a coleta do material deve-se fazer as análises químicas dos solos, pH e metais pesados. Esse estudo serve para verificar a qualidade das águas e suas variações (LUZ et al., 2010a).

A seguir serão descritos alguns elementos que dificultam a construção e operação da barragem:

- a) variação da granulometria do material beneficiado, o que resulta na alteração no volume de areias disponíveis para alçamento;
- b) aumento da jazida ou da capacidade de operação do beneficiamento. Dessa forma, pode haver aumento do volume de água em velocidades maiores, o que necessita aumento na velocidade de alçamento;
- c) condições climáticas adversas (LUZ et al., 2010a).

Além da definição do local de implantação da barragem, as condições do entorno e as questões ambientais, deve-se visar também à questão econômica e de segurança. A seguir serão descritas as questões econômicas que devem ser levadas em consideração:

- a) a barragem deve estar o mais próximo possível da usina de beneficiamento, de preferência em local mais baixo, a fim de que a necessidade energética seja mínima.
- b) possibilidade de reutilização da água de maneira mais fácil e econômica (LUZ et al., 2010a).

As questões de segurança que devem ser levadas em consideração são:

- a) a água necessita ser retirada do reservatório para diminuir a saturação dos rejeitos, favorecendo a sua estabilidade;
- b) as fundações devem conceder resistência, compressibilidade, estabilidade, juntamente com boas práticas construtivas;
- c) os taludes das barragens devem ser os mais seguros possíveis, e estar

dentro das propriedades de altura, nível de água e materiais disponíveis (LUZ et al., 2010a).

Segundo os autores não deve haver consequências sérias, caso ocorra à ruptura total ou parcial.

2.3.8.7 Instrumentação

Luz, et al. (2010) afirma que a instrumentação básica para segurança das barragens está relacionada à análise das águas superficiais e aquelas que constituem o lençol freático. Os regimes de trabalho que são normalmente utilizados são:

a) controle do nível piezométrico, que revela possíveis mudanças que estão ocorrendo nas águas subterrâneas;

b) testes da composição química da água, que revelam contaminações por conta da dissolução nos processos de beneficiamento, gerando subprodutos.

Os instrumentos mais utilizados em barragens e suas aplicações estão descritos no quadro 10.

Quadro 10 - Principais métodos utilizados *versus* emprego.

Principais Equipamentos Utilizados	Emprego
Piezômetro Pneumático	Determina pressões neutras e subpressões.
Piezômetro Elétrico	Determina pressões neutras e subpressões em maciços de terra, taludes e fundações.
Piezômetro de Tubo Aberto	Determina pressões neutras em maciços rochosos e de terra, taludes e fundações.
Piezômetro Hidráulico	Determina pressões neutras e subpressões em taludes, aterro e fundações.
Piezômetro de Recalque	Mede deslocamentos verticais e deformações.
Medidor de recalque telescópico tipo IPT	Determina deformações verticais em alteamentos.
Medidor de recalque tipo magnético	Mede deslocamento vertical do conjunto de fundações/maciço de terra
Medidor de recalque tipo USBR	Mede deslocamento vertical do conjunto de fundações/aterro
Célula pneumática de tensão total	Medem maciços de terra, fundações, muros de arrimo, obras subterrâneas, entre outros.
Clinômetros	Determina zonas de movimentações.
Marcos topográficos	Indica movimentações que podem estar ocorrendo nestas estruturas.

Fonte: Luz et al., 2010a adaptado pela autora, 2015.

2.3.8.8 Principais problemas *versus* instrumentação

Segundo Luz et al. (2010), as barragens de terra destinadas à sedimentação de rejeitos necessitam de um sistema de instrumentação que condicione a avaliação da segurança da barragem em qualquer fase. Os principais problemas são descritos no quadro 11.

Quadro 11 - Principais problemas nas fundações e maciço de terra ou de rejeitos.

Na fundação	Causa
Deslocamentos Verticais	Sólidos Carregados
Subpressões	Infiltrações (vazões)
Deslocamentos Cisalhantes Horizontais	Superfície de Escorregamento
No maciço de terra compactado ou de rejeitos lançados	Causa
Deslocamentos Verticais	Infiltrações (vazios)
Deslocamentos Horizontais	Sólidos Carregados
Pressões Neutras	Deslocamentos ao longo da crista e bermas

Fonte: Luz et al., 2010a adaptado pela autora, 2015.

Os dados coletados devem ser tratados manualmente ou por meio de recursos de informática e devem ser representados por gráficos e tabelas para que se possa avaliar o desempenho das estruturas. Sugere-se que estes dados sejam coletados em épocas em que ocorram fatos que possam afetar a segurança da barragem como: chuvas anômalas, aumento da produção de rejeitos, alteração no balanço de água, entre outros (LUZ et al., 2010a).

2.3.8.9 Manutenção

A estrutura de contenção de rejeitos deve possuir um manual de operação descrevendo todas as informações para o correto funcionamento da barragem, incluindo sistemáticas de monitoramento eficiente para fornecer sinais antecipados de um possível problema. Esse documento deve conter todos os procedimentos para operação, manutenção e operação, separadamente para cada barragem (quando houver mais de uma) e ser atualizado em períodos regulares, sendo o padrão mínimo recomendado de um ano (CBDB, 2001).

Atualmente esse manual é parte integrante do PSB (Plano de Segurança de Barragem) constante na Portaria nº 416/2012 do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), sendo o volume II: Planos e Procedimentos.

O proprietário deve garantir que a barragem esteja sendo operada por funcionários qualificados e treinados de acordo com o manual e ainda assegurar que haja boa comunicação entre todos os níveis operacionais (DUARTE, 2008).

O CBDB (Comitê Brasileiro de Barragens) (2001), recomenda para barragens de terra, a manutenção e principalmente o controle da percolação e erosão, para que haja a conservação do maciço. É necessário que haja a manutenção periódica da instrumentação, manutenção da crista, controle da vegetação e tocas de animais, estabilidade de taludes, manutenção dos sistemas de drenagem e remoção de entulhos a montante, com a intenção de garantir a segurança da barragem.

2.4 PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL (PAE)

O conteúdo do PAE deve abranger ações que serão tomadas pelo proprietário e pelo coordenador em caso de emergência, órgãos que serão notificados, bem como ações corretivas e preventivas.

2.4.1 Estrutura do PAE

Primeiramente deve-se realizar uma reunião com os proprietários da barragem, especialmente aqueles que têm contato direto com a estrutura, que possam identificar as situações normais das anormais na barragem. Após o levantamento das possíveis maneiras de ruptura, deve-se realizar uma inspeção visual, para averiguar a situação do local (CARDIA et al., 2015).

A parte documental do PAE (Plano de Ação Emergencial) envolve informações sobre a estrutura da empresa proprietária (gerencial, administrativa, entre outros), detalhes da estrutura de apoio local e regional (Defesa Civil, autoridades e/ou órgãos públicos). É indispensável coletar nome, endereço, telefone e celular corporativo para contato fora do expediente normal. Após a coleta dessas informações, monta-se um Fluxograma de Comunicação de Emergência e também

desenvolve-se uma tabela com a relação de estruturas de apoio (CARDIA et al., 2015).

A empresa deve indicar uma pessoa responsável pelo PAE, aliás, esta responsabilidade deve ser composta por mais de uma pessoa, para prevenir ausências em caso de férias, viagens a serviço, doenças, entre outros (CARDIA et al., 2015).

É necessário deixar claro, antecipadamente, a pessoa que será responsável pela comunicação oficial e contato com a imprensa. Não é preciso que essa pessoa seja o próprio gerente, ou o responsável pelo PAE, deve ser outra pessoa de confiança que tenha facilidade com a comunicação, dessa forma o responsável pelo PAE fica livre para resolução de outros problemas relativos à emergência (CARDIA et al., 2015).

2.4.1.1 Identificação e avaliação de situação de emergência

O PAE deve ter uma linguagem clara e objetiva quanto às ações a serem tomadas quando identificada uma situação de emergência. A notificação da situação de emergência necessita que a pessoa responsável inicie a ação corretiva e avalie a necessidade de o PAE ser executado.

Comumente no exterior são utilizados sistemas de cores para indicação dos diferentes níveis de emergência, fundamentado nos tipos de problemas que podem ocorrer, bem como nos modos de reações, tratamento e recuperação necessários (CARDIA et al., 2015).

Aditivamente, devem ser elaborados modelos de formulários de registros de comunicação (internas e externas) e também buscar um bom relacionamento com os representantes dos órgãos públicos, para que seja facilitada a comunicação em caso de emergência (CARDIA et al., 2015).

2.4.1.2 Ações preventivas

No PAE deve estar descrito de forma detalhada as ações corretivas, incluindo uma lista de equipamentos, materiais e mão de obra que estão à disposição do operador, em caso de emergência (CARDIA et al., 2015; CBDB, 2001).

2.4.1.3 Procedimentos de notificação

No PAE deve haver uma lista de pessoas e entidades a serem notificadas em caso de emergência e uma descrição dos sistemas de alerta que serão utilizados no caso de emergência (CARDIA et al., 2015; CBDB, 2001).

2.4.1.4 Fluxograma de notificação

O fluxograma de notificação deve ser elaborado de forma hierárquica, resumindo os procedimentos a serem executados para cada condição de emergência (CBDB, 2001).

Cardia et al. (2015) recomendam que seja elaborado um fluxograma de notificações, demonstrando: quem deve ser comunicado; em que ordem; e quais expectativas dessas ações, por parte dos órgãos fiscalizadores e pessoal envolvido a jusante.

O fluxograma de notificações deve ser de fácil interpretação, leitura e ter a relação de quem comunica quem (interna ou externamente), modo de notificação (rádio, telefone, ramal, entre outros) e em que ordem isso vai ocorrer. Para maior eficiência do PAE, deve-se utilizar linguagem clara, concisa e precisa (ANPC; ANAG, 2009).

2.4.1.5 Sistema de comunicação

No PAE deve conter uma lista com todo o sistema de comunicação disponível, interno e externo. O sistema de comunicação interno abrange os responsáveis pela operação da barragem e do PAE e o sistema de comunicação externo abrange agências, órgãos públicos e entidades envolvidas com a emergência. Se possível, realizar reuniões de apresentação do PAE e treinamento com os representantes dos órgãos responsáveis constantes na lista de notificações (CARDIA et al., 2015; CBDB, 2001).

2.4.1.6 Acessos ao local

Devem ser definidas as rotas primárias, secundárias e os meios para se alcançar a barragem sob várias circunstâncias (terrestre, fluvial, aéreo) (CARDIA et al., 2015; CBDB, 2001).

Frequentemente, o acesso à barragem é realizado por estradas. Estas devem ser estruturadas para qualquer condição do tempo, compatível com a passagem de automóveis e de qualquer equipamento necessário para serviço e manutenção da barragem. O material que compõe a estrada deve ser adequado para suportar as cargas previstas. Caso a estrada de acesso à barragem não seja suficiente durante uma emergência, meios optativos devem estar disponíveis, tais como helicópteros ou trilhas para jipe (BHERING, 1987).

2.4.1.7 Resposta durante períodos de falta de energia elétrica

O PAE deve prever ações para as condições de emergências, reais ou potenciais, durante a falta de energia elétrica, podendo ser por falha elétrica ou queda de energia.

2.4.1.8 Resposta durante períodos de intempéries

O PAE deve descrever as ações de emergências quando houver condições adversas do tempo.

2.4.1.9 Fontes de Equipamentos e Mão de Obra

Os operadores da barragem devem saber onde localizar os equipamentos emergências e os terceirizados a serem acionados (CARDIA et al., 2015).

Recomenda-se que o equipamento de emergência esteja instalado permanentemente, para nos casos de interrupções de energia este seja acionando automaticamente. O equipamento de emergência deve ter eficiência para operar a barragem até que a transmissão de energia retorne seja reestabelecida. O

equipamento de emergência consiste basicamente em de unidades geradoras a diesel. (CBDB, 2001).

2.4.1.10 Estoques e Materiais de Suprimentos

Devem estar contemplados no PAE a localização dos materiais estocados, bem como os equipamentos para uso em caso de emergência e também a listagem dos possíveis fornecedores de material (CARDIA et al., 2015; CBDB, 2001).

2.4.1.11 Fontes de Energia de Emergência

A localização e descrição das principais fontes alternativas de energia devem estar contempladas no PAE (CARDIA et al., 2015; CBDB, 2001).

A barragem deve conter um sistema de energia auxiliar, com capacidade de operar a barragem na sua carga máxima nos casos em que a forma de fornecimento de energia tradicional falhar. Os procedimentos e instruções para colocar em prática o sistema de energia auxiliar deve ser de forma clara, legível e fixado em local de fácil visualização (BHERING, 1987).

2.4.1.12 Mapas de Inundações

Os mapas de inundações são importantes, pois em caso de emergência as autoridades saberão para onde se destinará o fluxo de lama e assim desenvolver um correto plano de evacuação (CARDIA et al., 2015; CBDB, 2001).

2.4.1.13 Apêndices

Este item abrange dados adicionais como plantas, desenhos e demais representações esquemáticas que mostrem o local da ruptura em potencial, tabelas com variação nos estágios da enchente, entre outros dados (CBDB, 2001).

2.4.2 Manutenção e teste de um PAE

Como procedimento de rotina, deve ser atualizada a lista com os nomes e números de telefone das pessoas com responsabilidades diretas na barragem (CBDB, 2001).

De acordo com Luz et al. (2010a), apesar de o pessoal contratado para a construção e a operação da barragem estar familiarizado, é indispensável à educação continuada. Dessa maneira os problemas podem ser sanados sem colocar a segurança da barragem em risco.

O PAE, depois de elaborado deve ser testado, a fim de assegurar que o mesmo esteja adequado. O teste pode abranger exercícios teóricos com os funcionários, simulação de emergência ou ainda ruptura múltiplas (CBDB, 2001).

2.4.3 Treinamento

O proprietário deve fornecer treinamentos aos funcionários envolvidos no PAE, para que os mesmos saibam suas responsabilidades, técnicas adequadas para a identificação de problemas e providenciar as devidas ações corretivas.

Um número suficiente de funcionários deve ser treinado para executar ações adequadas, em todos os turnos e também deve haver uma lista das pessoas que receberam a cópia do plano (CBDB, 2001).

Segundo Cardia et al. (2015), primeiramente deve ser realizado o Treinamento de Implantação e Capacitação pela equipe que elaborou o PAE. Após está apresentação inicial, define-se o período em que irão ocorrer outros treinamentos e reciclagem.

2.5 ACIDENTE EM BARRAGEM DE MINERAÇÃO

As barragens de mineração, que não possuem um PAE, estão sujeitas à ausência de responsabilidades e ações a serem tomadas. Em geral, quando está para ocorrer a ruptura, fica evidente desencontro de informações e/ou ingerência nas tomadas de ações. Antes da eventual ruptura, essas ingerências e desencontros de

informações podem afigurar condições que ocasionarão o agravamento e até o colapso em si da barragem.

A seguir será apresentado o acidente ocorrido no ano de 2014 em uma barragem de sedimentação de finos a ultrafinos no município de Lauro Muller/SC.

Segundo G1 (2014b) o acidente ocorreu no dia 25 de novembro de 2014, quando uma “mancha preta”¹ atingiu o Rio Tubarão, decorrente do vazamento do material denominados “finos” de uma mineradora de Lauro Muller, no sul de Santa Catarina. O problema teve início as 21 horas, devido ao “rompimento”² de uma barragem que realizava a sedimentação dos materiais resultantes da usina de beneficiamento de minério.

O local onde ocorreu a “contaminação”³ fica no entorno de uma nascente do Rio Tubarão, que é considerada umas das bacias mais importantes do sul do estado, já que engloba 18 municípios (G1,2014b).

Conforme a assessoria da Tubarão Saneamento S.A, a água com os fluidos atingiu trechos do rio em cidades como Orleans, Pedras Grandes e Rio Rufino. A mancha chegou a Braço do Norte e Tubarão na madrugada de sexta-feira (28), percorrendo 84 km (G1, 2014a).

De acordo com G1 (2014a), as causas do acidente foram investigadas por técnicos do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Fundação do Meio Ambiente (Fatma) e pela Carbonífera Catarinense. Laudos foram realizados ao longo do rio para apurar o nível de poluição da água.

A figura 07 ilustra o rio com presença de finos de carvão devido ao transbordamento da barragem em Lauro Muller/SC.

¹ Termo adotado pelo jornal para definir a lama de cor escura que atingiu o rio;

² Tecnicamente, o que ocorreu na verdade foi o transbordamento da barragem;

³ A contaminação vai depender do tipo de minério beneficiado, não quer dizer que toda barragem que transborda ou rompe possui contaminantes.

Figura 07 - Rio com finos de carvão devido ao transbordamento da barragem de sedimentação de finos de carvão em Lauro Muller/SC.



Fonte: Marcos Antônio Mendes [2014?] apud G1, 2014b.

2.6 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

No Brasil, as barragens de mineração, estão submetidas a um conjunto de portarias, resoluções e Leis Federais. Em instância máxima, ou seja, a Lei Federal define os órgãos que tem a responsabilidade de definir diretrizes, objetivos e as regulamentações, bem como atuar na concessão, na fiscalização e no cumprimento da legislação mineral.

A Lei Federal que norteia as resoluções e portarias sobre as barragens de mineração é a 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) (BRASIL, 2010).

No art. 2º desta lei encontra-se a definição de barragem como

Qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas (BRASIL, 2010).

Esta lei tem por objetivo reduzir o número de acidentes e as suas consequências, regulamentar as questões de segurança e ampliar o controle das barragens pelos órgãos fiscalizadores. (BRASIL, 2010).

O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), fazendo uso das suas atribuições, que são: fiscalizar as atividades de pesquisa e lavra para o aproveitamento mineral e as estruturas que resultam desta atividade, criou a Portaria N° 416, de 03 de setembro de 2012, com fundamento na Lei N° 12.334/2010. Essa portaria declara que o órgão fiscalizador deve implantar e manter atualizado o cadastro das barragens sob seu domínio e que as barragens deverão passar pela aprovação do DNPM. Estabelece também que os empreendedores deverão entregar ao órgão fiscalizador relatórios de ações e cronograma do Plano de Segurança (PS) de Barragens. Nesta portaria encontra-se a definição de barragem de mineração como

[...] barragens, barramentos, diques, reservatórios, cavas exauridas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, utilizados para fins de contenção, acumulação ou decantação de rejeito de mineração ou descarga de sedimentos provenientes de atividades em mineração, com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas associadas (retificação DOU • 11/12/2013) (BRASIL, 2012a).

A portaria, em resumo, define como deverá ser a ordenação de cadastramento das barragens que estão sujeitas à fiscalização pelo DNPM, o período de atualização, qualificação da equipe técnica e ainda o conteúdo mínimo do PNSB (BRASIL, 2012a).

No art. 8° da Portaria 416 de 03 de setembro de 2012, fica definido qual a composição mínima do PNSB, caso a classificação da barragem resulte em Dano Potencial Associado Alto, ou em casos exigidos pelo DNPM o PNSB deve conter ainda o Plano de Ação de Emergência (BRASIL, 2012a). A classificação das barragens é realizada conforme a resolução do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH), embasado na Lei n° 12.334 de 20 de setembro de 2010, que criou a Resolução n° 143 de 10 de julho de 2012, que determina os critérios gerais para classificação de barragem por Categoria de Risco, Dano Potencial Associado e pelo Volume do Reservatório (BRASIL, 2012b).

Diante da necessidade de que para algumas barragens deve ser elaborado o PAE (Plano de Ação de Emergência), foi criada uma Portaria n° 526 de 09 de

dezembro de 2013 tratando da periodicidade de atualização, qualificação do responsável técnico, conteúdo mínimo do Plano de Ação Emergencial (PAE) (DNPM, 2013).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho “Desenvolvimento de um Plano de Ação Emergencial para Barragens ou Diques com Dano Potencial Associado Alto na Região Carbonífera Sul Catarinense” foi desenvolvido durante o estágio no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), que tem a atribuição de fiscalizar a atividade mineral. A elaboração desse trabalho foi fundamentada em dois tipos de dados: a) levantamento das classificações realizadas pelo escritório regional do DNPM em Criciúma, em relação às barragens de sedimentação de finos de carvão na região; b) levantamento da pluviometria registrada nos últimos 5 anos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), na estação meteorológica de Urussanga/SC. Diante desses dados, foi avaliado a necessidade de as mineradoras apresentarem um Plano de Ação Emergencial (PAE) com definição do cenário mais provável de ocorrência na região Carbonífera Sul Catarinense. O trabalho em questão foi dividido em três etapas principais: estruturação, levantamento dos dados e análise de dados.

3.1 ESTRUTURAÇÃO

A primeira etapa deste trabalho iniciou-se com a reunião da autora do trabalho com seu respectivo orientador, para juntos definirem o tema e a linha de pesquisa em qual se enquadra o mesmo.

No segundo momento da primeira etapa ocorreu a pesquisa bibliográfica para a estruturação do referencial teórico, com base nos objetivos gerais e específicos, definidos juntamente com o tema.

Durante a elaboração do referencial, buscaram-se várias publicações técnicas tais como artigos, livros, jornais, revistas técnicas, dissertações e teses com temas relacionados à problemática de investigação, dessa forma, a autora buscou o domínio sobre o tema.

3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Para Gil (2002), a análise qualitativa abrange a organização dos dados em forma de matrizes, esquemas, gráficos e fluxograma, associam-se os dados coletados com a pesquisa bibliográfica para que haja a comparação.

Sendo assim, a segunda etapa “Levantamento dos Dados” representa os dados coletados no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e as respectivas análises realizadas.

Para o levantamento de dados do DNPM, foi realizada uma análise documental dos arquivos disponíveis no escritório regional em Criciúma, listando as vistorias realizadas em barragens de sedimentação de finos a ultrafinos de carvão, desde a publicação da Portaria nº 416 de 03 de setembro de 2012.

No momento seguinte, iniciou-se a análise dos dados levantados, onde ocorreu a comparação de forma qualitativa através de quadros, do que foi declarado pela empresa no Relatório Anual de Lavra (RAL), com os eventos registrados no processo e os relatórios de vistorias realizados em barragens. Para garantir o sigilo quanto às informações expostas pelas mineradoras no RAL e os dados coletados pelo DNPM em campo, não foi identificado o nome das empresas, bem como, qualquer endereço ou informações que explicitem as mesmas, pois o objetivo deste trabalho foi orientar a autora em questão, quanto à necessidade, ou não de elaboração de um PAE. Assim, para efeitos didáticos, as barragens foram tratadas como: Barragem 1, Barragem 2, Barragem 3, Barragem 4, Barragem 5, Barragem 6, Barragem 7 e Barragem 8.

O método de tratamento dos dados se deu através de quadros comparativos, ilustrando a classificação das barragens pela empresa e pelo DNPM, ambas classificadas de acordo com o método disponível na Resolução nº 143 de 04 de setembro de 2009 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Os eventos adversos que contribuem para que ocorra o transbordamento e/ou rompimento da barragem, podem ser: ventos, chuvas e sismicidade natural ou induzida. Para efeitos deste trabalho foi adotado a chuva com evento adverso com maior probabilidade de ocorrência na região em estudo.

Os outros parâmetros como vento e sismicidade não foram apresentados, pois tais eventos não são estatisticamente representativos, pois não há registros de incidência de rajadas de ventos que possam causar o galgamento da barragem na região em estudo. Em relação à sismicidade, a região Carbonífera Sul Catarinense, não dispõe de monitoramento de abalos sísmicos. Entretanto, vale ressaltar que no pátio das mineradoras pode haver registros de pequenos sismos, por conta dos explosivos usados, ou ainda o trânsito de máquinas pesadas no entorno da barragem, que poderiam comprometer a estrutura nos casos em que as mesmas já se encontrassem vulneráveis.

Dessa forma, ocorreu o levantamento dos dados da EPAGRI, com pesquisas aos arquivos relacionados a pluviometria mensal dos últimos 30 anos da estação meteorológica de Urussanga/SC, fossem disponibilizados. Dessa maneira, foi possível realizar a elaboração de um gráfico com média de pluviometria esperada para cada mês, com base na série histórica fornecida, e outro gráfico para cada ano, de 2010 a 2015.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

A terceira etapa “Análise dos Dados” engloba a avaliação da necessidade de elaboração de Plano de Ação Emergencial (PAE), com base nos resultados obtidos, juntamente com a pesquisa bibliográfica estudada.

Para os dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), foi avaliado o que foi declarado pela empresa no Relatório Anual de Lavra (RAL), com o que foi declarado pelo DNPM, no momento da vistoria.

As barragens que apresentarem Dano Potencial Associado Alto, ou por exigência do DNPM, devem apresentar o PAE, de acordo com o §1 do art. 8 da Portaria nº 416/2012 do DNPM. Nesse sentido, esta etapa envolveu uma pesquisa aplicada de ações emergenciais baseado em um cenário de ruptura mais provável.

Segundo Cervo e Bervian (2002) a pesquisa aplicada busca soluções para problemas concretos, onde o pesquisador é instigado a contribuir com fins práticos.

Neste contexto, foi elaborado elaborando um PAE, baseado no risco de ruptura e/ou transbordamento por chuvas anômalas. Portanto, utilizou-se os dados da

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), pois através dos dados levantados, foi possível a comparação da média mensal de pluviometria registrada nos últimos 30 anos, com os meses dos últimos 5 anos. Dessa forma, foi possível analisar se choveu, ou não, acima da média nos anos propostos. Com base nesses dados, foi definido que o cenário mais provável de ocorrência na região Sul Catarinense, é a chuva anômala.

No último momento, seguiu-se o que recomenda a Portaria nº 526 de 09 de dezembro de 2013 do DNPM, que define o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento, bem como, periodicidade de atualização do PAE.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A apresentação dos dados está dividida em duas partes. A primeira irá elencar os elementos coletados no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a segunda parte contará com dados meteorológicos fornecidos pela EPAGRI na estação de Urussanga/SC. Os levantamentos realizados foram dispostos na forma de quadros e gráficos. Após esta etapa, foi realizada a análise dos dados apresentados, que foram abrangidos em tópico seguinte na seção 4.3.

4.1 CLASSIFICAÇÕES DAS BARRAGENS

Os dados coletados no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) foram baseados no que foi declarado no Relatório Anual de Lavra (RAL) 2014 ano-base 2013, e inseridos em um quadro para facilitar o entendimento, conforme quadro 12.

Quadro 12 - Classificação das barragens de mineração de acordo com o Relatório Anual de Lavra (RAL) 2014 ano-base 2013.

Barragem	CRI	DPA	Classificação	Inserida no PNSB?	Necessita de PAE?
1	Baixo	Médio	B	Sim	Não
2	Baixo	Médio	D	Sim	Não
3	Baixo	Médio	D	Sim	Não
4	Baixo	Baixo	E	Sim	Não
5	Baixo	Baixo	E	Não	Não
6	Baixo	Baixo	E	Não	Não

Legenda: CRI = Categoria de Risco;

DPA = Dano Potencial Associado.

Fonte: DNPM, 2014 adaptado pela autora, 2015.

Esse quadro relata a classificação das barragens na região Carbonífera Sul Catarinense em relação ao RAL 2014 ano-base 2013. Nota-se que a Barragem 5 e 6, não estão inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e nem no Plano de Ação Emergencial (PAE), de acordo com as características declarada

pelas mineradoras. No quadro 13, a seguir, está retratando a classificação do DNPM feito em campo, quando o mesmo se dirige ao local a fim de verificar se as características declaradas no RAL, se validam no ato da vistoria.

Quadro 13 - Classificação do DNPM com visita *in loco* nas barragens.

Barragem	CRI	DPA	Classificação	Inserida no PNSB?	Necessita de PAE?
1	Alto	Médio	B	Sim	Não
2	Alto	Médio	B	Sim	Não
3	Médio	Alto	B	Sim	Sim
4	Médio	Médio	C	Sim	Não
5	Baixo	Alto	C	Sim	Sim
6	Baixo	Alto	C	Sim	Sim
7	Médio	Alto	B	Sim	Sim
8	Médio	Alto	C	Sim	Sim

Legenda: CRI: Categoria de Risco;

DPA: Dano Potencial Associado.

Fonte: DNPM, 2014 adaptado pela autora, 2015.

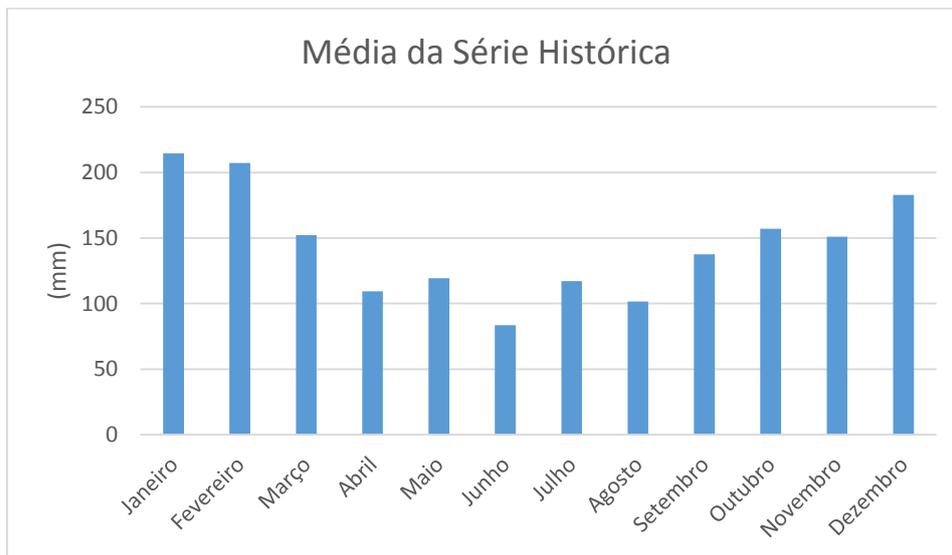
No quadro 13, pode-se observar que existem mais barragens quando comparado com o quadro 12. Isso ocorreu por conta de algumas empresas mineradoras não cadastrarem suas barragens no Relatório Anual de Lavra (RAL), por julgarem que as mesmas não atendiam aos quesitos mínimos de barragem ou diques e, portanto, não se enquadravam na legislação. O órgão fiscalizador, fazendo uso de suas atribuições, foi a campo validar as informações e constatou que as barragens não declaradas no RAL 2014 ano-base 2013, além de se enquadrarem na legislação nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que regulamenta a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), também necessitavam de elaboração de um Plano de Ação Emergencial (PAE).

As barragens do quadro 12 necessitaram de retificação das características apresentadas inicialmente, para as que foram definidas pelo DNPM, quadro 13. Em relação ao PAE, as Barragens 1, 2 e 4 não necessitam da elaboração do mesmo por não apresentarem DPA (Dano Potencial Associado) Alto. As Barragens 3, 5, 6, 7 e 8 apresentam DPA Alto, e conforme Portaria do DNPM nº 416/2012, necessitam elaborar o PAE.

4.2 LEVANTAMENTO PLUVIOMÉTRICO

Os dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) na estação meteorológica convencional de Urussanga/SC, contribuíram para elaboração de gráficos sobre a pluviometria mensal no intervalo de 2011 a outubro de 2015. Para que essa comparação fosse possível, foi construída uma série histórica dos últimos 30 anos na mesma estação meteorológica. Assim pode-se analisar a ocorrência ou não de chuvas anômalas nos anos propostos. O gráfico 01 abrange a média das chuvas acumuladas em cada mês nos últimos 30 anos.

Gráfico 01 - Média de chuva mensal acumulada em mm nos últimos 30 anos.

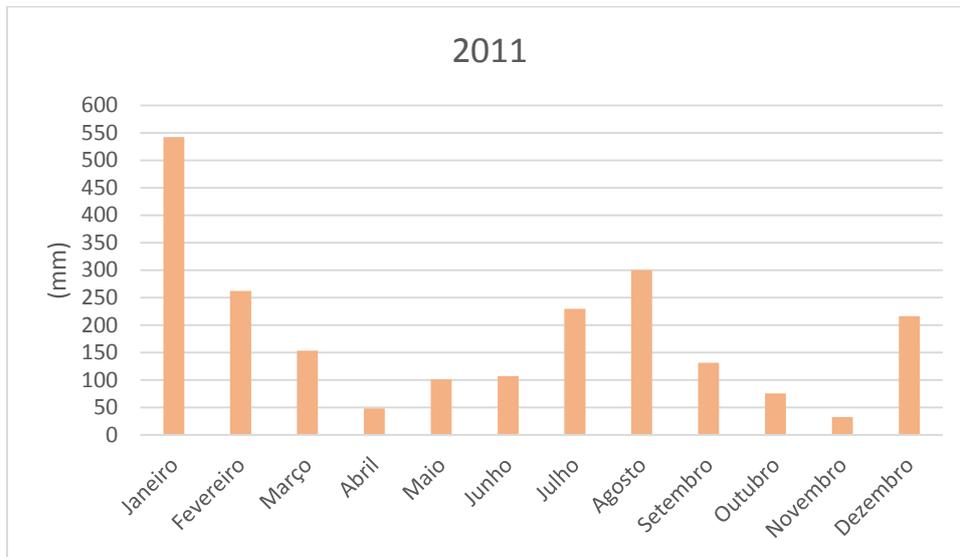


Fonte: EPAGRI, 2015 adaptado pela autora, 2015.

Os dados do gráfico 01 serviu para a análise dos gráficos posteriores, pois através desse é possível saber qual o volume de chuva esperado para cada mês.

O gráfico 02 demonstra o volume de chuva acumulado em casa mês durante o ano de 2011.

Gráfico 02 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses do ano de 2011.

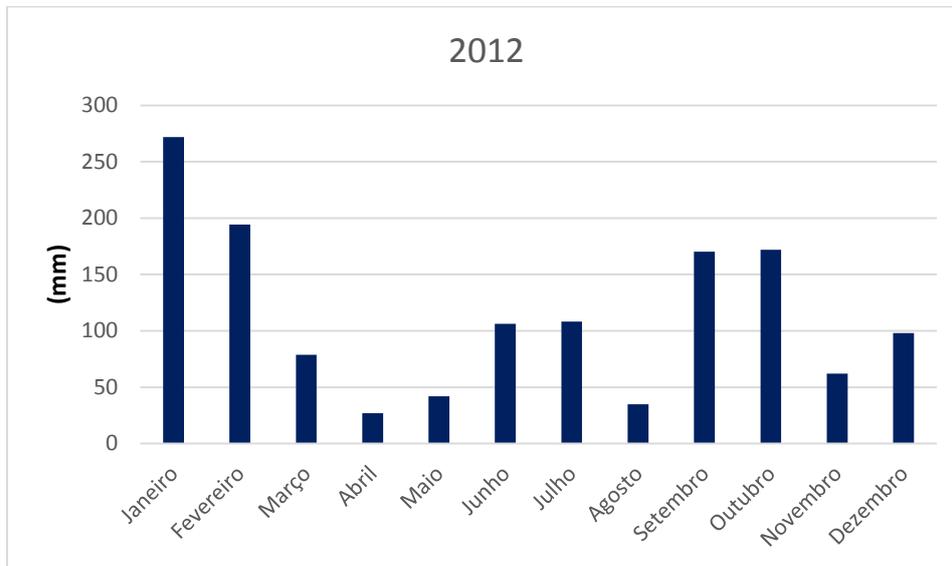


Fonte: EPAGRI, 2015 adaptado pela autora, 2015.

Observa-se que em janeiro que é o mês mais chuvoso do ano, o esperado era de 220 mm e em 2011, conforme gráfico 01, choveu muito mais que a média, chegando a 542,4 mm. Nos meses de junho, julho, agosto e dezembro a chuva também foi acima da média, sendo que em agosto choveu quase 200 mm a mais que o comumente registrado. Em contrapartida, os meses de maio, outubro e novembro choveram abaixo da média registrada.

O gráfico 03 demonstra a chuva acumulada durante os meses do ano de 2012.

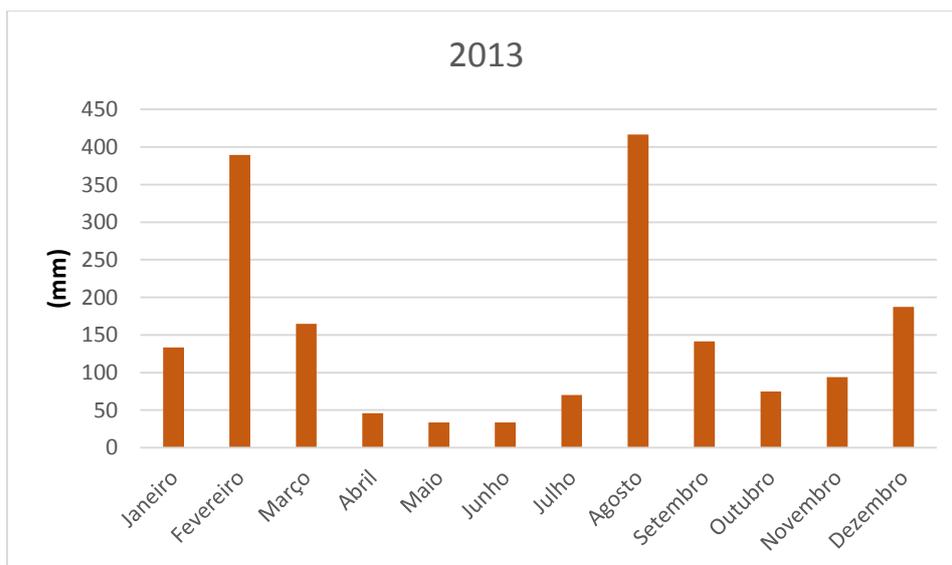
Gráfico 03 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses do ano de 2012.



Fonte: EPAGRI, 2015 adaptado pela autora, 2015.

O gráfico 03 demonstra os meses de janeiro, junho, setembro e outubro com chuva acumulada maior que o esperado pela média. Porém, apresenta período de estiagem no período de março a maio e nos meses de agosto e novembro. Dando sequência a comparação dos últimos 5 anos com a média esperada no gráfico 01, o ano 2013 será ilustrado no gráfico 04.

Gráfico 04 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses do ano de 2013.



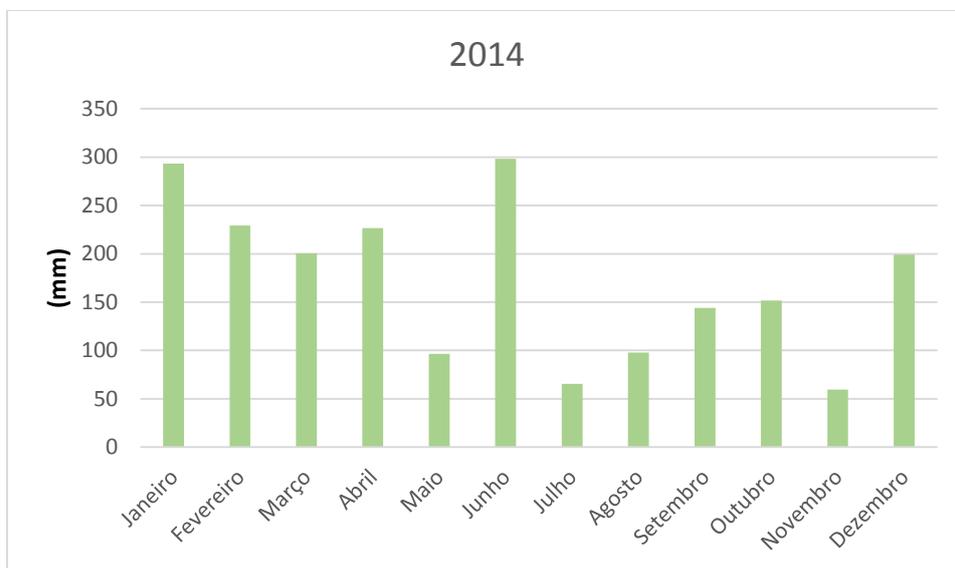
Fonte: EPAGRI, 2015 adaptado pela autora, 2015.

O mês de janeiro no gráfico 04 apresentou volume abaixo do comumente

esperado. Também vale lembrar que apresentou menor volume de chuva quando comparado com o mesmo mês nos gráficos 02 e 03. O período de abril a julho, apresentou um período de estiagem, com chuva abaixo da média. É interessante a observação de que pelo terceiro ano consecutivo o mês de abril apresenta-se abaixo da média. Os meses de fevereiro e agosto choveram acima da média no ano de 2013, sendo que o mês de agosto apresentou um volume expressivo de chuva, chegando a chover 315 mm a mais do que o esperado para o mês.

O gráfico 05 irá abordar as chuvas acumuladas nos meses do ano de 2014.

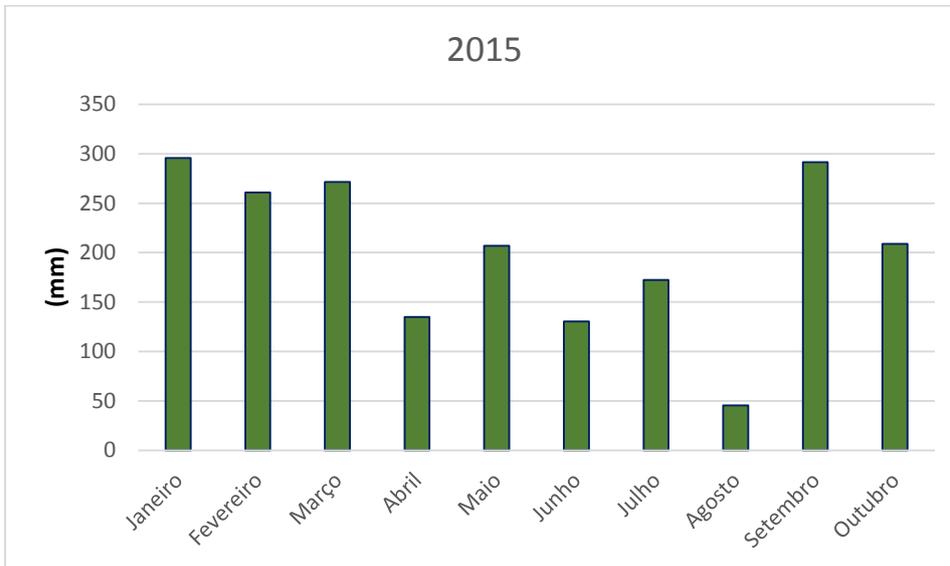
Gráfico 05 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses do ano de 2014.



Fonte: EPAGRI, 2015 adaptado pela autora, 2015.

No gráfico 05 pode-se observar o registro de um período de chuvas acima da média nos meses de janeiro a abril. O mês de junho registrou quase 300 mm de chuva, enquanto que a média para o mês é de 84 mm. O período de chuvas abaixo da média ficou por conta dos meses de maio e julho, vale lembrar que é a terceiro ano consecutivo que o mês de maio indicou chuvas abaixo do esperado. O gráfico 06 irá trazer a chuva mensal deste ano, como o ano ainda não acabou, os dados serão de janeiro a outubro.

Gráfico 06 - Volume de chuva acumulado em mm nos meses de janeiro a outubro de 2015.



Fonte: EPAGRI, 2015 adaptado pela autora, 2015

O ano de 2015 iniciou com chuvas acima da média e de acordo com o gráfico 06 os meses de janeiro a julho apresentaram variações de 25 mm até 120 mm a mais do que o esperado para este período. O mês de agosto apresentou chuva abaixo da média, como no ano de 2012, apresentado no gráfico 03. Após o mês de agosto o volume de chuva voltou a crescer no mês de setembro e outubro, ou seja, o ano de 2015 restando dois meses para acabar e já apresenta dados que merecem atenção, por conta do volume de chuva acima do esperado em nove dos seus dez meses.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados apresentados sobre o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a EPAGRI serviram para a análise da necessidade da elaboração de Plano de Ação Emergencial (PAE).

Os resultados, obtidos através da análise do DNPM, fundamentam-se com a Lei nº 12.334, pois as barragens que se classificam com Dano Potencial Associado Médio ou Alto, necessitam de um Plano de Segurança de Barragens (PSB), o que é o caso de todas as barragens do quadro 12, que após classificação do DNPM,

necessitaram de retificação dos dados fornecidos no Relatório Anual de Lavra (RAL), quadro 13. A necessidade de os empreendedores apresentarem o Plano de Ação Emergencial (PAE) ao órgão fiscalizador ficou por conta do quadro 13. As barragens, que apresentam Dano Potencial Associado Alto de acordo com a Portaria 526/2013 do DNPM, devem apresentar o PAE, o que é o caso de algumas barragens presentes na análise.

A interpretação dos dados fornecidos pela EPAGRI contribuiu para definição do evento adverso que seria objeto de estudo no PAE. A ocorrência de chuvas anômalas pode ser um problema para uma barragem que não esteja preparada e diante da elaboração dos gráficos pode-se perceber que não há período definido para a ocorrência de chuva acima da média, pois os anos levantados apresentaram período de estiagem em um determinado mês, e em outro ano, no mesmo período, chuva acima da média. Outro exemplo seria os meses considerados chuvosos, ou seja, janeiro, fevereiro e dezembro, ocorreram anos em que choveu abaixo da média em janeiro, e em outro ano, choveu menos que o esperado em dezembro. Ao observar os gráficos, nota-se que mais choveu acima da média do que abaixo, o que revela que dos 58 meses estudados, 26 apresentaram chuva acima da média e por isso o empreendedor deve estar preparado para ocorrência dos meses chuvosos, já que ocorrem de maneira aleatória no durante o ano.

Diante dos dados obtidos e das análises realizadas, percebe-se a importância da elaboração de um PAE, por conta de exigência do órgão fiscalizador e pela ocorrência de chuvas anômalas na região.

5 PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

O PAE é um documento que deve ser elaborado pelo empreendedor, onde estão identificadas as situações de emergência que possam colocar em risco a integridade da barragem, onde são determinadas as ações preventivas para os casos de emergências, e também definidos quais os órgãos serão informados diante das ocorrências encontradas. Esse documento deve ser de fácil entendimento e ser protocolado junto ao processo minerário do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) na forma física e encontrar-se no empreendimento o mais próximo possível da barragem.

5.1 INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM DE MINERAÇÃO

O PAE deve ter capa vermelha com nome da barragem de mineração em destaque e número do processo no DNPM, permitindo assim fácil localização durante um acidente. Além disso, no item informações gerais, deve conter a apresentação e o objetivo do PAE, conforme Portaria DNPM nº 526/2013.

Os dados sobre o empreendedor, coordenador do PAE, órgãos fiscalizadores, entre outros, também devem estar inclusos nesse item, como ilustra o quadro 14 abaixo.

Quadro 14 - Informações gerais da barragem.

Empreendedor	Nome:	Telefone fixo: Telefone celular:
Coordenador do PAE	Nome:	Telefone fixo: Telefone celular:
Agência Fiscalizadora	DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral (Escritório de Regional de Criciúma)	Nome do contato: Oldair José Silveira Lamarque Cargo: Chefe do escritório de Criciúma Telefone: (48) 3443-5217 Celular Cooperativo: E-mail: oldair.lamarque@dnpm.gov.br
	FATMA - Fundação de Apoio e Tecnologia ao Meio Ambiente (CODAM Criciúma)	Nome: Felipe Barchinski da Silva Cargo: Chefe CODAM Criciúma Telefone: (48) 3403 – 1630 Celular Cooperativo: E-mail: felipesilva@fatma.sc.gov.br
Autoridades, sistema de Defesa Civil e agentes de segurança pública	Prefeitura Municipal	Nome do contato: Fone: E-mail: Celular Cooperativo:
	Defesa Civil Municipal	Nome do contato: Ângela Fone: (48) 3403 – 1000 ou (48) 3403-1024 (sede Criciúma) E-mail: gabinete@cua.sdr.sc.gov.br
	Corpo de Bombeiros	Nome do contato: Fone: E-mail:
Vale a jusante	Associação de Moradores	Nome do contato: Fone: E-mail:

Fonte: Autora, 2015.

Como pode-se observar, preencheu-se os dados neste formulário em relação à região Carbonífera Sul Catarinense, na qual os órgãos fiscalizadores são o DNPM (autarquia federal) e FATMA (autarquia estadual). No campo Prefeitura Municipal e Corpo de Bombeiros deixou-se em aberto, por conta de a região carbonífera abranger mais de um município e cada cidade possuir suas próprias autoridades. A Defesa Civil de Criciúma atende a região sul do estado, portanto, neste PAE para diferentes cidades o sistema de defesa a ser acionado será o de Criciúma. De acordo com o site da Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR) ([20--?]), os municípios abrangidos pela Defesa Civil de Criciúma são: Balneário Rincão, Criciúma,

Cocal do Sul, Forquilha, Içara, Lauro Muller, Morro da Fumaça, Nova Veneza, Treviso, Siderópolis, Orleans e Urussanga.

5.1.1 Descrição da barragem de mineração e estruturas associadas

A descrição das estruturas associadas deve ser realizada de forma detalhada e abrangendo os itens abaixo:

- a) identificação e localização da barragem, em formato UTM SIRGAS 2000 em formato *shapefile* (determinado pelo órgão fiscalizador);
- b) descrição da barragem (características técnicas: altura do maciço, comprimento, volume total);
- c) características hidrológicas, geológicas e sísmica (próprias de cada barragem);
- d) data de construção;
- e) utilização para qual foi destinada;
- f) capacidade útil e total do reservatório;
- g) órgãos extravasores adotados (exemplo: tulipa e bomba de recalque)
- h) instrumentação adotada (exemplo: piezômetro, medidores de recalque e de movimentação);
- i) acesso à barragem e aos órgãos de descarga (quais as principais rotas em caso de emergência?);
- j) recursos logísticos na barragem;
- k) sistemas de iluminação e alimentação de energia (quais os locais que se encontram estes sistemas?);
- l) recursos e materiais mobilizáveis em caso de emergência (onde se encontram esses materiais? Existem tratores de esteiras, retroscavadeiras e/ou sacos de areias disponíveis?).

5.1.2 Caracterização das estruturas e população a jusante na barragem

De acordo com Autoridade Nacional de Proteção Civil de Portugal (ANPC) e Agência Nacional de Águas de Portugal (ANAG) (2009), a caracterização das

estruturas e da população a jusante da barragem são necessárias para que se tenha conhecimento das áreas que serão impactadas, caso a estrutura da barragem venha a entrar em colapso. Para que ocorra a caracterização é necessário realizar o levantamento da população e estruturas que estão passíveis de serem impactadas pela onda de cheia, como é exemplificado a seguir.

- a) tipo de população existente (rural, urbano, misto ou industrial);
- b) número de habitantes residente;
- c) patrimônios históricos;
- d) rios e bacias;
- e) áreas de Preservação Permanente (APP);
- f) infraestruturas importantes (rodovias e ferrovias).

Na região sul do estado de Santa Catarina, as populações e infraestruturas das cidades se desenvolveram basicamente no entorno da atividade mineraria, portanto é comum que haja mais de um dos tópicos acima à jusante da barragem.

5.2 PLANO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE SEGURANÇA

O Plano de Ação Emergencial (PAE) é o V volume do Plano de Segurança de Barragens (PSB) e nestes quatro volumes são abordados:

- a) volume I: Informações Gerais;
- b) volume II: Planos e Procedimentos;
- c) volume III: Registros e Controles;
- d) volume IV: Revisão Periódica de Segurança de Barragens.

Para que o PAE não se torne algo repetitivo não será abordado novamente o Plano de Monitoramento e Controle de Segurança, já que os mesmos já constam no Volume II do PSB de acordo com a Portaria nº 416/2012.

5.3 DEFINIÇÃO DE RISCO, PERIGO, ACIDENTE E DANO

Para que seja possível dar seguimento as etapas posteriores do Plano serão necessárias às definições de alguns conceitos que se seguem:

- a) Risco: probabilidade de ocorrência de algum acidente, conforme CNRH;
- b) Perigo: circunstância potencialmente capaz de ocasionar algum tipo de perda, dano ou prejuízo ambiental, material ou humano;
- c) Acidente: sequência de eventos não esperados que geram consequências e danos;
- d) Dano: medida que define a intensidade ou severidade da lesão resultante de um acidente. Os danos podem ser classificados em ambientais, materiais, funcional e de perdas humanas (ARAÚJO, 2000)

5.4 DETECÇÃO, AVALIAÇÃO, CLASSIFICAÇÕES E AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE PERIGO

Tendo em vista tais definições agora é possível buscar maneiras de se fazer a detecção das situações de perigo e de risco nas barragens. Segundo Marcelino (2015) para a detecção de anomalias são necessárias:

a) inspeção instrumental: visa a leitura dos equipamentos que estão instalados na barragem. Também é necessário definir qual a frequência dessas leituras e como os dados serão interpretados. Os equipamentos mais comuns a serem observados são: réguas de níveis d'água, piezômetros e marcos topográficos.

b) inspeção visual: visa a observação da parte visível da barragem, como taludes, órgãos extravasores, maciço, busca por tocas de animais. Essa inspeção inspira experiência, para tanto, recomenda-se que a pessoa designada para esta função seja um funcionário treinado ou com conhecimento técnico (MARCELINO, 2015).

A detecção do perigo vai depender da interpretação dos dados coletados na inspeção visual e instrumental. Pode ser uma tarefa difícil, pois os equipamentos podem apresentar equívocos pela falta de instrumentação e operação correta, porém cabe ao coordenador do PAE juntamente com sua equipe de Segurança de Barragem a detecção da situação de perigo e o melhor momento para declarar situação de emergência. No quadro 15, encontra-se a resposta para cada nível de emergência considerado.

Quadro 15 – Respostas aos níveis de emergências considerados.

Nível de Perigo	Definição
Normal (Nível 1)	Não foram encontradas anomalias (ou ocorrências excepcionais) ou as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas conforme frequência estabelecida pela equipe do PAE.
Atenção (Nível 2)	As anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, a curto prazo, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas
Aleria (Nível 3)	As anomalias encontradas representam risco à segurança da barragem, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema. É necessário a notificação da Defesa Civil, DNPM, FATMA e Prefeituras Municipais.
Emergência (Nível 4)	As anomalias encontradas representam risco de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas de prevenção e de redução dos danos materiais e humanos decorrentes de uma eventual ruptura da barragem. É necessário acionar a Defesa Civil, DNPM, FATMA e Prefeituras Municipais.

Fonte: Viseu, [2015?]a adaptado pela autora, 2015.

A definição das respostas para cada nível de emergência é uma etapa importante para o passo seguinte, que será a definição do cenário de rupturas mais prováveis nas barragens da região Carbonífera Sul Catarinense.

5.5 PERIGOS COMUNS E AÇÕES PREVENTIVAS EM BARRAGENS

O quadro 16, a seguir, mostra os perigos mais comuns em barragens, que podem resultar em danos e as ações preventivas que podem ser tomadas.

Quadro 16 - Perigos comuns em barragens e as possíveis ações preventivas.(Continua)

PERIGO	RISCO	EFEITO	DANO	AÇÕES PREVENTIVAS
Precipitação pluvial anômala	Volume entrada acima do volume de saída	Elevação do nível d'água na barragem	Extravasamento sobre a crista/talude	a) inspeção diária durante o período chuvoso; b) aquisição de um sistema extravasor adicional.
	Folhas e galhos nos sistemas extravasores	Elevação do nível d'água na barragem	Extravasamento sobre a crista/talude	a) inspeção diária nos sistemas extravasores.
	Baixa compactação nos taludes	Percolação nos taludes seguido de escorregamento	Onda de rejeitos à jusante	a) instalação de piezômetros nos taludes.
	Talude sem cobertura vegetal	Caminhos preferenciais de escoamento da água da chuva, erosão, seguido de instabilidade e deslocamento do talude/maciço	Onda de rejeitos à jusante	a) manutenção periódica dos taludes para prevenir o crescimento de vegetação inadequada; b) manter a vegetação rasteira.
Sismicidade	Comprometimento das estruturas por caminhões ou equipamentos	Rompimento dos taludes	Onda de rejeitos à jusante	a) definir rota preferencial de passagem de caminhões e equipamentos afastados da barragem.
		Deslocamento de taludes		

(Conclusão)

Vento	Barragem sem borda livre suficiente	Galgamento	Extravasamento sobre a crista/talude	a) providenciar correção da borda livre de acordo com as características dos ventos da região
Falta de energia elétrica	Barragem sem equipamentos de emergência	Falta de iluminação, bomba de recalque com mau funcionamento, entre outros equipamentos	Extravasamento sobre à crista/talude	a) instalação de geradores a diesel ou bateria

Fonte: Autora, 2015.

Após a análise dos perigos mais comuns em barragens no quadro 16 é possível a escolha de um cenário de ruptura mais provável para estudo.

5.6 CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO COM MAIOR PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA

A experiência na região Carbonífera Sul Catarinense fornece condições para a escolha do cenário de chuvas para estudo. Durante o período chuvoso várias situações podem ocorrer, e se não forem bem diagnosticadas o rompimento e/ou transbordamento da barragem pode ocorrer, conforme define o quadro 17.

Quadro 17 – Cenário de chuvas anômalas e ações esperadas.

(Continua)

Perigo	Risco	Situações	Nível de resposta	Ação esperada
Chuva anômala	Volume de entrada maior que o volume de saída	Sistema extravasor operando em sua carga máxima	Nível (1) Normal	a) inspeção instrumental e visual três vezes ao dia durante o período chuvoso.
		Sistema extravasor está operando acima de sua capacidade	Nível (2) Atenção	a) emissão de comunicado interno para a equipe do Plano de Ação Emergencial (PAE); b) inspeção especial (ANEXO B) através de observação instrumental e visual a cada hora durante o período chuvoso; c) equipe de PAE estará de sobreaviso.
		Elevação do nível d'água no reservatório	Nível (3) Alerta	a) emissão de comunicado interno para a equipe do PAE; b) coordenador do PAE iniciará o fluxograma de notificações.
		Transbordamento do material sobre a crista/talude	Nível (4) Emergência	a) retirada da população a jusante na Zona de Auto Salvamento (ZAS); b) acompanhamento da direção do fluxo de lama.
Chuva anômala	Folhas e galhos nos sistemas extravasores	Sistema extravasor não está operando com capacidade total	Nível (1) Normal	a) realizar limpeza três vezes ao dia durante o período chuvoso.
		Sistema extravasor com metade da capacidade comprometida, devido a obstrução	Nível (2) Atenção	a) emissão de comunicado interno para a equipe do Plano de Ação Emergencial (PAE); b) inspeção especial (ANEXO B) através de observação instrumental e visual a cada hora; c) realizar limpeza a cada hora durante o período chuvoso.
		Sistema extravasor comprometido	Nível (3) Alerta	a) emissão de comunicado interno para a equipe do PAE; b) coordenador do PAE inicia fluxograma de notificações; c) equipe do PAE estará de sobreaviso.
		Transbordamento de material sobre a crista/talude	Nível (4) Emergência	a) retirada da população a jusante na (ZAS); b) acompanhamento da direção do fluxo de lama

(Conclusão)

Chuva anômala	<i>Piping</i>	Piezômetros indicando condutividade nos taludes	Nível (1) Normal	a) monitoramento dos piezômetros diariamente durante o período chuvoso.
		Piezômetros indicando aumento da condutividade nos taludes	Nível (2) Atenção	a) emissão de comunicado interno para a equipe do PAE; b) inspeção especial (ANEXO B) através de observação instrumental e visual a cada hora durante o período; c) monitoramento dos piezômetros três vezes ao dia.
		Piezômetros indicando alta condutividade nos taludes	Nível (3) Alerta	a) emissão de comunicado interno para a equipe do Plano de Ação Emergencial (PAE); b) coordenador do PAE inicia fluxograma de notificações; c) equipe do PAE estará de sobreaviso.
		Percolação do material seguido de deslocamento de talude	Nível (4) Emergência	a) retirada da população a jusante na ZAS (Zona de Auto Salvamento); b) acompanhamento da direção do fluxo de lama.
Chuva anômala	Colapso do talude	Pontos com caminhos preferenciais para chuva	Nível (1) Normal	a) inspeção visual três vezes ao dia durante o período chuvoso.
		Erosão na parte superior do talude até o pé do maciço (talude sem vegetação)	Nível (2) Atenção	a) emissão de comunicado interno para a equipe do PAE; b) inspeção especial (ANEXO B) através de monitoramento visual a cada hora nos taludes durante o período chuvoso.
		Aumento da erosão no talude (Voçoroca)	Nível (3) Alerta	a) emissão de comunicado interno para a equipe do PAE; b) coordenador do PAE inicia fluxograma de notificações; c) equipe do PAE estará de sobreaviso.
		Rompimento do talude e onda de material a jusante	Nível (4) Emergência	a) retirada da população a jusante na ZAS; b) acompanhamento da direção do fluxo de lama.

Fonte: Autora, 2015.

Esse quadro abordou as principais causas de rompimento de uma barragem, devido à chuva anômala. Percebe-se a importância da Defesa Civil no auxílio aos acidentes. Por isso, é necessário que seja enviado uma cópia do plano as autoridades, para que as mesmas desenvolvam suas próprias ações em casos de acidentes para cada de barragem em específico.

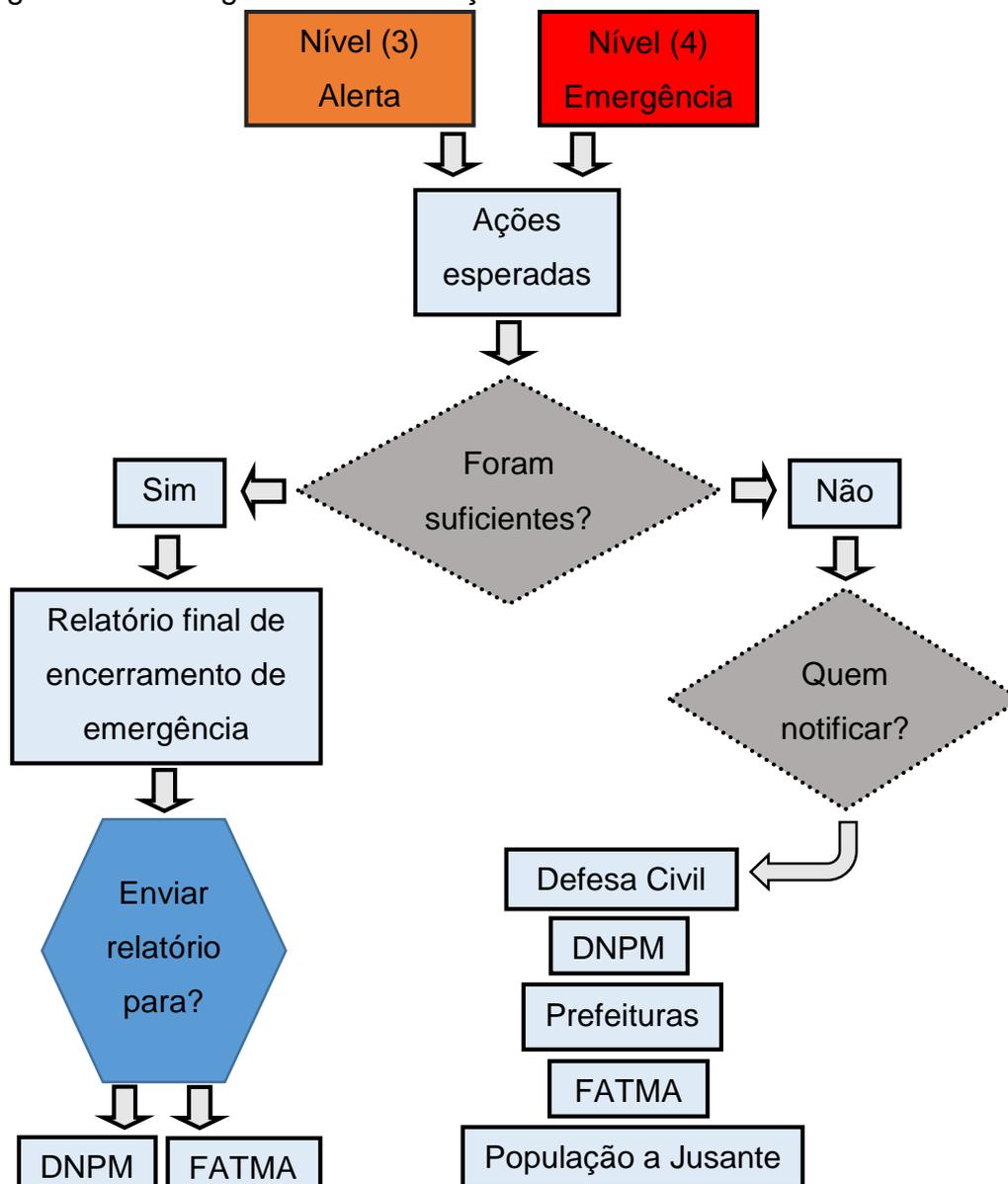
O sistema de notificação interno no PAE será o e-mail e telefonemas. Quando o operador verificar algum problema instrumental de nível 2 (atenção), vai

escrever um e-mail notificando internamente o coordenador, caso este avalie a necessidade de notificar o empreendedor, este e-mail será encaminhado. Porém se o operador não obter nenhuma resposta via e-mail, ele irá telefonar para o coordenador.

5.7 FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO EM CASO DE ALERTA OU EMERGÊNCIA

O fluxograma de notificações deve ser iniciado logo que o nível 3 (alerta) inicie, e dar continuidade nas notificações, caso a situação não seja controlada e avance para o nível 4 (emergência), conforme o fluxograma da imagem 08 a seguir.

Figura 08 - Fluxograma de notificações.



Fonte: Autora, 2015.

O fluxograma ilustra qual deve ser a ordem de notificação a ser seguida pelo coordenador do Plano de Ação Emergencial (PAE) juntamente com a equipe de notificação, em caso de alerta ou emergência. As notificações iniciam pelo contato telefônico, caso o contato não esteja disponível, recomenda-se falar com o substituto ou deixar recado para entrar em contato com o empreendedor. Após a notificação a ação esperada é que os órgãos se dirijam até a barragem para avaliar a situação. No caso do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), esse irá avaliar as causas da ruptura ou indicar ações que possam ser tomadas, caso a barragem esteja em ruptura parcial, para que não ocorra a progressão. A Defesa Civil e Corpo de Bombeiros ficarão responsáveis pelo auxílio população a jusante e avaliar a necessidade de se acionar a Defesa Civil na esfera estadual.

Uma cópia da Declaração de Início da Emergência (ANEXO C) deve ser enviada via e-mail para fins de registros de comunicação da situação de emergência entre o empreendedor e o órgão fiscalizador e posteriormente ser anexado aos registros do PAE.

No nível de perigo 1 (normal) e 2 (atenção), se as ações esperadas forem suficientes e a situação de emergência for considerada encerrada, é necessário que o empreendedor elabore e encaminhe a Declaração de Encerramento da Emergência (ANEXO D), seguido do Relatório Final do Encerramento de Emergência aos órgãos fiscalizadores, dando o parecer final das causas da ocorrência da anomalia e as ações corretivas que serão tomadas para que não ocorra a mesma situação novamente.

No nível de perigo 3 (alerta) e 4 (emergência), caso tenha ocorrido ou não a ruptura da barragem, é necessária elaborar e encaminhar aos órgãos fiscalizadores a Declaração de Encerramento da Emergência (ANEXO D) e o Relatório Final de Encerramento de Emergência, descrevendo as principais causas de ocorrência da anomalia e as devidas ações corretivas que serão tomadas.

5.8 AVISO À POPULAÇÃO

A população a jusante deve ser notificada caso a barragem esteja com risco de ruptura nível 3 (alerta) e nível 4 (emergência). O empreendedor é responsável por notificar a Zona de Auto Salvamento (ZAS), ou seja, área imediatamente a jusante da

barragem, através de um método eficaz, seja por sirene, rádio, internet, telefonemas, megafones ou cartazes. O método escolhido deve funcionar em situações extremas de emergência, inclusive falta de energia elétrica e deve estar localizado fora da zona inundável, mas próximo da área a jusante da barragem (ANPC; INAG, 2009).

O método escolhido para fins de comunicação à população para esse PAE será a sirene. Segundo informações do fabricante Telegrafia (20--?), a sirene é um método eficaz de aviso à população por conta de possuir acumuladores de energia elétrica, que asseguram funcionamento por 72 horas e operaram durante períodos de intempéries, não necessitam de manutenção e ainda tocam gravações sonoras da memória digital (cartões SD) no formato WAW, MP3.

Um método complementar de aviso pode ser considerado, dessa forma um megafone pode ser instalado e ainda incluir avisos pelos celulares, através de mensagens de texto para os representantes da comunidade e associação de moradores. Por isso é importante que haja uma boa comunicação entre o empreendedor e a comunidade.

As sirenes devem ser programadas para acionarem dois tipos de avisos à população:

a) nível 3 (alerta): elevação do nível d'água na barragem. A ruptura pode ocorrer, se não ocorrer período de estiagem. O sinal de aviso a população irá ocorrer através de emissões sonoras de 5 segundos e pausa de 3 segundos durante 3 minutos. E após isso a sirene irá emitir a seguinte mensagem: **Alerta nível (3)! A barragem está acima do nível esperado. População deve estar atenta para o alerta de evacuação que será emitido pela sirene.**

b) nível 4 (emergência): a ruptura da barragem é iminente. A evacuação da população a imediatamente à jusante da barragem deve ser priorizada. O sinal de aviso a população irá ocorrer através de emissões sonoras de 4 minutos contínuos, com repetição a cada 10 minutos. Durante o intervalo a sirene irá emitir a seguinte mensagem: **Alerta nível (4)! A ruptura da barragem é iminente. Evacuar área a próxima à barragem!**

As mensagens de alerta via mensagem de texto irão compor as mesmas mensagens que a sirene, porém estas serão escritas e enviadas aos representantes da comunidade.

O responsável por acionar os avisos é a equipe de evacuação. Essa deve ter pleno conhecimento do funcionamento da sirene e do celular corporativo.

Para que o sistema de aviso tenha sucesso é necessário que o Plano de Ação Emergencial (PAE) seja apresentado à população e que ela tenha entendimento do mesmo e possa contribuir com melhorias na forma de notificação, para que seja de fácil entendimento por várias faixas etárias de idade, pois a interpretação dos sistemas de aviso nas áreas a jusante da barragem é de vital importância para eficácia do sistema.

Nos casos em que a ruptura da barragem é iminente, nível 4 (emergência), o proprietário da barragem deve definir algum técnico responsável da equipe de notificação para emitir o aviso oficial a imprensa, este deve ser uma pessoa com experiência em comunicação e ser de confiança. Dessa forma, o proprietário e o coordenador do PAE podem estar resolvendo outras atividades relacionadas à emergência da barragem. O nome da pessoa deve ser definido previamente e constar no PAE.

5.9 AÇÃO CORRETIVA

As ações corretivas devem ser tomadas logo que o nível 4 (emergência) esteja encerrado. Essas ações visam que risco de acontecer alguma ruptura na barragem devido a um perigo, seja eliminado. O quadro 18 define algumas medidas a serem tomadas para que o nível 4 (emergência) não volte a ocorrer por chuva anômala.

Quadro 18 - Ações corretivas e preventivas a serem tomadas após o encerramento da emergência.

Perigo	Risco	Ações corretivas e preventivas
Chuva anômala	Volume de entrada maior que o volume de saída	a) aquisição de uma bomba extravasora adicional, caso o reservatório seja pequeno; b) ampliação do sistema extravasor, como inserção de drenos a mais para que o esvaziamento seja mais rápido.
Chuva anômala	Folhas e galhos nos sistemas extravasores	a) manutenção diária em no entorno da barragem com peneiras em busca de folhas e galhos que possam vir a obstruir o sistema extravasor; b) manutenção periódica no sistema extravasor com a finalidade de prevenir encrustamento e falhas operacionais.
Chuva anômala	<i>Piping</i>	a) melhor eficiência na compactação dos taludes; b) melhores técnicas de compactação de taludes.
Chuva anômala	Colapso do talude	a) conservação da vegetação rasteira; b) retirada da vegetação arbustiva; c) retirada das tocas de animais e formigueiros; d) inspeção diária nos taludes.

Fonte: Autora, 2015.

As ações corretivas e frequência das inspeções irão depender da situação econômica do empreendedor, na sua decisão em querer investir em segurança. Vale lembrar que é mais viável o empreendedor investir em segurança, do que, em indenizações, caso a estrutura venha a romper ou transbordar, para isso, é necessário avaliar o custo/benefício.

5.10 RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE

As responsabilidades do Plano de Ação Emergencial (PAE) devem ser definidos e estar registradas para que durante uma emergência cada funcionário saiba sua função. Para melhor esclarecimento abaixo será definido algumas responsabilidades, de acordo com a Portaria 526/2013 do DNPM.

Quadro 19 - Responsabilidades do empreendedor e do coordenador do PAE.

Empreendedor da Barragem de Mineração	Coordenador do PAE
<p>a) é responsável pela elaboração do PAE, definindo pessoas para este fim ou contratando empresa terceirizada;</p> <p>b) deve disponibilizar informações de ordem técnica para a Defesa Civil;</p> <p>c) nomear um coordenador do PAE e um substituto;</p> <p>d) promover treinamento à equipe do PAE;</p> <p>e) contar com equipe de segurança que seja capaz de avaliar, detectar e classificar as situações de emergência;</p> <p>f) avisar a Defesa Civil Municipal, Estadual e Nacional;</p> <p>g) declarar início da emergência (ANEXO C);</p> <p>h) enviar Declaração de Encerramento de Emergência (ANEXO D) e elaboração do relatório final.</p>	<p>a) ter conhecimento de todo conteúdo do PAE;</p> <p>b) executar fluxograma de notificação, juntamente com a equipe de notificação;</p> <p>c) avaliar, juntamente com a equipe de segurança de barragem, a gravidade da emergência;</p> <p>d) acompanhar as ações realizadas e verificar se os procedimentos foram seguidos;</p> <p>e) elaborar, junto com a equipe de segurança de barragem a declaração de Início (ANEXO C) e Encerramento da Emergência (ANEXO D).</p>

Fonte: BRASIL, 2013 adaptado pela autora, 2015.

Após a definição das responsabilidades do empreendedor e do coordenador do PAE, será definido as responsabilidades da equipe de segurança de barragem, notificação e evacuação, como ilustra o quadro 20.

Quadro 20 - Responsabilidades da equipe de segurança, notificação e evacuação.

Equipe de Segurança de Barragem	Equipe de Notificação	Equipe de Evacuação
<p>a) detectar, avaliar e classificar as situações de emergência juntamente com o coordenador;</p> <p>b) elaborar a declaração de início (ANEXO C) e encerramento (ANEXO D) da emergência e o relatório de encerramento de emergência juntamente com o coordenador;</p> <p>c) executar as ações esperadas previstas no quadro 17, de acordo com o cenário com maior probabilidade de ocorrência;</p> <p>d) ter conhecimento do PAE, bem como o fluxograma de notificação.</p>	<p>a) alertar a população imediatamente afetada na zona de auto salvamento;</p> <p>b) executar o fluxograma de notificação, juntamente com o coordenador.</p>	<p>a) realizar acompanhamento do fluxo de lama, em caso de ruptura ou transbordamento;</p> <p>b) solicitar paralisação das atividades que tenham ligação com a barragem ou com as áreas afetadas;</p> <p>c) providenciar a retirada da população imediatamente a jusante da barragem.</p>

Fonte: Autora, 2015.

Como consta no quadro 20, a equipe de evacuação tem a responsabilidade de retirada da população imediatamente a jusante da barragem, ou seja, a zona de auto salvamento. Os meios de transportes que serão utilizados dependerão do empreendedor e da viabilidade econômica em disponibilizar um carro, caminhão, jipe ou helicóptero para a remoção a população. Caso a mineradora não tenha condições de adquirir meios de transportes para retirada das pessoas, é indispensável que estes sejam alugados anteriormente e sejam de fácil acionamento, estando rapidamente à disposição no local no momento do sinistro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rompimento ou transbordamento das barragens de mineração tem causado severos impactos ambientais, sociais, culturais e patrimoniais, devido ao fluxo de lama que se locomove com relativa velocidade, arrastando e contaminando o solo e as águas superficiais. Conforme a natureza físico-química dos rejeitos e os processos de beneficiamento, tais lamas irão atingir e/ou contaminar quimicamente as águas subterrâneas. Isso ocorre por falta de atendimento à legislação por parte das mineradoras, que, às vezes, na ausência de fiscalização, acabam por menosprezar aspectos essenciais com relação à segurança de suas estruturas.

Diante desse cenário, esse trabalho veio contribuir como um modelo na gestão de segurança das barragens da região Carbonífera Sul Catarinense. O Plano de Ação Emergencial (PAE) torna-se uma ferramenta eficaz, pois associa responsabilidades e ações a serem tomadas em caso de emergência, bem como as ações corretivas e preventivas a serem implementadas.

Para fundamentar a necessidade de elaboração do PAE, foi realizada uma análise com base nos dados fornecidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Essas análises subsidiaram a avaliação das barragens de sedimentação de diversas mineradoras da região Carbonífera Sul Catarinense, bem como o cenário com maior probabilidade de ocorrência.

Dessa forma, o trabalho propôs a elaboração de um PAE com definição do cenário com eventos de maior probabilidade de ocorrência na região, que possam causar colapso em uma barragem, ou seja, chuvas anômalas, conforme análise dos dados realizada. Os outros parâmetros como vento e sismicidade não foram apresentados, pois tais eventos não são estatisticamente representativos, pois não há registros de incidência de rajadas de ventos que possam causar o galgamento da barragem na região em estudo. A presença de eventos atmosféricos de alta intensidade e baixíssima frequência, como o anticiclone ocorrido em 28 de março de 2004, no sul do Brasil, com a magnitude que ocorreu, não estava em registros e séries históricas. Por isso, o PAE, para futuras barragens deverá conter o perfeito dimensionamento da altura da crista, a fim de evitar colapsos advindos de fenômenos

deste porte. Sendo assim, o transbordamento pode ocorrer por um ciclone ou furação, que causam ventos com velocidade muito acima da média, mas não por ventos diários. Em relação à sismicidade, a região Carbonífera Sul Catarinense, não dispõe de monitoramento de abalos sísmicos. Entretanto, vale ressaltar que no pátio das mineradoras pode haver registros de pequenos sismos, por conta dos explosivos usados, ou ainda o trânsito de máquinas pesadas no entorno da barragem, que poderiam comprometer a estrutura nos casos em que as mesmas já se encontrassem vulneráveis.

É importante ressaltar que esse PAE não foi elaborado para uma barragem em si, e sim para as barragens da região em estudo, sendo que as mineradoras que decidirem adotar esse Plano, devem adaptar-se conforme a necessidade, características de suas barragens e estruturas associadas, bem como os equipamentos de emergências disponíveis. O mapa de cenários georreferenciado também necessita ser confeccionado para cada barragem individualmente na forma física e digital, levando em consideração a direção do fluxo de lama e tempo de chegada da onda de rejeitos até os locais com presença humana, bem como áreas que potencialmente serão afetadas, do ponto de vista econômico, social e ambiental, imediatamente a jusante.

Todos os objetivos propostos foram alcançados na elaboração do PAE, baseado na Portaria nº 526/2013 do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), exceto o mapa de cenários georreferenciado, que não era o escopo desse trabalho, por conta das particularidades de cada barragem.

Pelo exposto em relação ao PAE, recomenda-se que:

a) as mineradoras que decidirem adotar esse Plano, realizem o mapa de cenários georreferenciados em formato *shapefile*, UTM SIRGAS 2000, para cada barragem individualmente;

b) as barragens de sedimentação de rejeitos que ainda não foram construídas, avaliem as condicionantes antes da implantação das mesmas, permitindo que se possa realizar o correto tratamento das fundações, diminuindo os riscos a longo prazo;

c) os empreendedores que adotarem o Plano, disponibilizem treinamentos práticos e teóricos para toda a equipe de segurança da barragem, em todos os turnos,

no mínimo duas vezes ao ano, visando a educação continuada;

d) o PAE seja atualizado quando ocorrer alterações no Plano de Segurança de Barragem (PSB);

e) o PAE seja entregue às autoridades competentes, com solicitação de protocolo de recebimento, para ser anexado ao documento;

f) os ventos na região sejam estudados, com base em séries históricas, e comparado com os últimos anos. Também é interessante realizar estudos em relação à sismicidade, a fim de complementar esse estudo.

Para o sucesso do PAE, portanto, é necessário haver comprometimento dos proprietários em relação à segurança das estruturas das barragens sob suas responsabilidades, e a importância de sua implantação efetiva, sendo primordial o interesse do empreendedor em atender às legislações vigentes e respeitar a vida e o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANPC; INAG. **Guia para orientação para elaboração de Planos de Emergência Internos de Barragens**. Carnaxide, Portugal: ANPC, 2009. (Cadernos Técnicos PROCIV #5). Disponível em: < <http://www.prociv.pt/cadernos/5.pdf>>. Acesso em 24 ago. 2015.

ARAÚJO, Sérgio Baptista de. **Manual do planejamento da emergência**. Rio de Janeiro: Secretária do estado da defesa civil, 2000. 49 p. (Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro). Disponível em :< http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/defesa_civil_estadual/DOC/DOC000000000037209.PDF>. Acesso em: 25 ago. 2015.

BEI. **Mineral ao alcance de todos**. São Paulo: BEI Comunicação, 2004. 141 p., 22 cm. (Coleção entenda e aprenda). ISBN 85-86518-44-1.

BHERING, Mário Penna. **Avaliação da segurança de barragens existentes**. Tradução de Maria Lucia de Almeida Prata et al. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1987. 170 p., 21 cm. (Memória da Eletricidade). Tradução de: Manual safty evaluation of existing dams.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 set. 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm>. Acesso em: 07 set. 2015.

_____. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. Portaria nº 416, de 03 de setembro de 2012. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 de set. 2012a. Disponível em: < <http://www.dnpm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnpm/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-416-em-03-09-2012-do-diretor-geral-do-dnpm>>. Acesso em: 04 ago. 2015.

_____. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. Portaria nº 526, de 09 de dezembro de 2013. Estabelece a periodicidade de atualização e revisão, a qualificação do responsável técnico, o nível de detalhamento do Plano de Emergência (PAE). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 de dez. 2013. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnpm/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-526-em-09-12-2013-do-diretor-geral-do-dnpm>>. Acesso em: 06 ago. 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS - CNRH. Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012. Estabelece os critérios gerais para classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e volume do reservatório. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 04 de set. 2012b. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1635>. Acesso em: 07 ago. 2015.

CARDIA, R. J. R.; ROCHA, H. L.; LARA, P.G. **Contribuição ao conhecimento sobre plano de emergência – PAE**. Foz do Iguaçu: CBDB, 2015. 13 p.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002. p. 62 – 72. ISBN: 858791815x.

CBDB. **Guia Básico de Segurança de Barragens**. São Paulo: [s.n], 2001. 78 p. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/simposio/Guia%20Seg.%20Barr%20-%20CBDB-SP.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2015.

CRUZ, Paulo Teixeira da. **100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto**. São Paulo: Oficina de Textos, 1996. 648 p., 28 cm.

DNPM. **Classificação das Barragens de Mineração**. [S.l; s.n], 2014. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assuntos/barragens/classificacao-das-barragens-de-mineracao>>. Acesso em: 02 set. 2015.

DUARTE, Anderson Pires. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao Potencial de Risco**. 2008. 130 f. Dissertação (Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 2008. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUDB-8AUPNJ/classifica__o__das_barragens_de_conten__o.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27 jul. 2015.

EPAGRI. **Solicitação de informações**. [S.l; s.n]: [20--?]. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=226>. Acesso em: 12 set. 2015.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas. 2002. p. 90.

LUZ, A. B; SAMPAIO, J. A; FRANÇA, S. C. A. **Tratamento de Minérios**. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010a. 932p., 23 cm.

_____. _____. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010b. p. 850-859, il.

MARCELINO, João. **Detecção e classificação de anomalias e causas de rotura em barragens**. Portugal: LNEC, 2015. Disponível em: <

http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/eventosprojetos/20150604_Aula_2B_Deteccaod eAnomalias.pdf>. Acesso em: 26 set. 2015.

MÜLLER, Alberto Antônio, et al. **Perfil Analítico do Carvão**. 2. ed. rev. atual. Porto Alegre, DNPM, 1987. 139p. (Boletim/Departamento Nacional de produção Mineral, n. 6).

RESÍDUOS de carvão de mineradora podem atingir 5 cidades até sexta. **G1 – Portal de Notícias da Globo**. Santa Catarina, 27 nov. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2014/11/residuos-de-carvao-de-mineradora-podem-atingir-5-cidades-ate-sexta.html>>. Acesso em: 13 out. 2015a.

RESÍDUOS de lavagem de carvão de mineradora vazão no rio Tubarão. **G1 – Portal de Notícias da Globo**. Santa Catarina, 26 nov. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2014/11/residuos-de-lavagem-de-carvao-de-mineradora-vazam-no-rio-tubarao.html>>. Acesso em: 13 out. 2015b.

SANTA CATARINA. Secretária do Estado da Ciência e Tecnologia, das Minas e Energia. **Diagnóstico do Carvão Mineral Catarinense**. Florianópolis: SECTME, 1990. 77p., 21 cm.

SANTOS, D. A. M; CURI, A.; SILVA, J.M. **Técnicas para a disposição de rejeitos de minério de ferro**. Minas Gerais: [s.n.], [199-?]. Disponível em: <http://www.cbmina.org.br/media/palestra_6/T54.pdf> Acesso em 13 ago. 2015.

SDR. **Municípios da SDR**. [S.l.; s.n]: [20--?]. Disponível em: <<http://www.sdrs.sc.gov.br/sdrcriciuma/municipios-da-sdr>>. Acesso em: 01 set. 2015.

SILVA, A. P. M. da; VIANA, J. P.; CAVALCANTE, A. L. B. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração de Substâncias Não Energéticas**. Brasília: IPEA, 2012. 46 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120814_relatorio_atividade_mineracao.pdf>. Acesso em: 03 set. 2015.

TELEGRAFIA. **Descritivo geral da Sirene Pavian**. [S.l.;s.n], [20--?]. 7p. Disponível em: <<http://www.tucanobrasil.com.br/sistav/pavian/pavian.pdf>>. Acesso: 06 out. 2015.

WISEU. Maria Teresa. **Curso de treinamento do PAE: conteúdo do PAE**. [Portugal]: LNEC, [2015?a]. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/eventosprojetos/20150604_Aula_1_ConteudoDoPAE.pdf>. Acesso em: 26 set. 2015.

_____. **Cursos de treinamento do PAE: notificações e aleta**. [Portugal]: LNEC, [2015?b]. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/eventosprojetos/20150604_Aula_7_NotificacaoeAlerta.pdf>. Acesso em: 26 set. 2015.

ANEXO(S)

ANEXO A - Formulário de vistoria para barragem de mineração.

FORMULÁRIO DE VISTORIA PARA  **DNPM**
Departamento Nacional de Produção Mineral
BARRAGENS DE MINERAÇÃO

Nome da Barragem: _____ Data da Vistoria: __/__/____

Processos Associados à Barragem: _____

Situação operacional:

Em construção Em operação
(desde: __/__/____) Inativa

Vida útil atual da Barragem de Mineração: _____

A barragem está dentro da área do processo/servidão? Sim Não

Barragem de Mineração:

<input type="checkbox"/>	Barragem/Barramento	<input type="checkbox"/>	Reservatório	<input type="checkbox"/>	Dique	<input type="checkbox"/>	Cava Exaurida
--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------	--------------------------	-------	--------------------------	---------------

Finalidade:

<input type="checkbox"/>	Contenção de rejeitos de mineração	<input type="checkbox"/>	Contenção de sedimentos
--------------------------	------------------------------------	--------------------------	-------------------------

Tipo da barragem/barramento/dique:

<input type="checkbox"/>	Aterro	<input type="checkbox"/>	Terra Homogênea	<input type="checkbox"/>	Concreto	<input type="checkbox"/>	Barragem de gravidade
		<input type="checkbox"/>	Terra/enrocamento – zonadas			<input type="checkbox"/>	Barragem em arco
		<input type="checkbox"/>	Enrocamento			<input type="checkbox"/>	Outro:

Tipo de fundação:

<input type="checkbox"/>	Rocha sã	<input type="checkbox"/>	Rocha alterada / Saprolito	<input type="checkbox"/>	Solo residual/aluvião	<input type="checkbox"/>	Aluvião arenoso espesso/solo orgânico/ rejeito/desconhecido
--------------------------	-------------	--------------------------	-------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--

Ocorreu alteamento? Sim Não

1) Data do alteamento: __/__/____ Altura do alteamento: _____ m

Tipo
alteamento: Jusante Montante Centro

2) Data do alteamento: __/__/____ Altura do alteamento: _____ m

Tipo
alteamento: Jusante Montante Centro

3) Data do alteamento: __/__/____ Altura do alteamento: _____ m

Tipo Jusante Montante Centro
 alteamento:

Coordenada do centro da crista (UTM SIRGAS 2000): N S

Lat: ____° ____' ____"; Long: ____° ____' ____"

Classificação do rejeito/resíduo: (Classificação de resíduos sólidos ABNT, NBR 10004)

<input type="checkbox"/> Perigoso	<input type="checkbox"/> Não Inerte	<input type="checkbox"/> Inerte
Produtos químicos utilizados:		
Teor do minério no rejeito:		
Substância(s) não aproveitada(s) mas com potencial de aproveitamento e seu teor estimado:		

Situação dos acessos:

À barragem propriamente dita	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente	Obs:
Aos taludes	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente	Obs:
Ao vertedouro	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente	Obs:

Situação geral da barragem:

Conservação geral	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente	Obs:
Revestimento vegetal	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente	Obs:
Régua para verificação da cota do NA	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente	Obs/cota:
Conservação das leiras	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente	Obs:
Taludes	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente	Obs
Vertedouro	<input type="checkbox"/> Bom	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Deficiente	Obs

No momento da fiscalização existe borda livre (free board)?

Sim Não Qual a altura?

Está dentro do projetado?

Sim Não

Quantidade de Instrumentos Utilizados:

Medidor de nível d'água	Piezômetros	Marcos superficiais	
Extensômetros	Sismógrafo	Inclinômetros	
Medidor de vazão	Outros, especificar:		

Qual a data da última verificação de operacionalidade da instrumentação da barragem?

Algum problema com a operacionalidade da instrumentação registrado?

Qual a data da última verificação de calibração da instrumentação da barragem?

Algum problema com a calibração da instrumentação registrado?

		Op	Pt	Foto/Arquivo
Altura	Altura \leq 15m		0	
	15m < Altura < 30m		1	
	30m \leq Altura \leq 60m		4	
	Altura > 60m		7	
Comprimento	Comprimento \leq 50m		0	
	50m < Comprimento < 200m		1	
	200 \leq Comprimento \leq 600m		2	
	Comprimento > 600m		3	
Vazão de Projeto	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Milenar		0	
	TR = 500 anos		5	
	TR Inferior a 500 anos ou Desconhecida/ Estudo não		10	
	Observações:	Total:		

Categoria de Risco - Estado de Conservação (EC)		Op	Pt	Foto/Arquivo
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras	Estruturas civis bem mantidas e em operação normal/barragem sem necessidade de		0	
	Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação		3	
	Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias		6	
	Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas		10	

Percolação	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem		0	
	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados		3	
	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias		6	
	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura		10	
Deformações e Recalques	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura		0	
	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação		2	
	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias		6	
	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura		10	
Deterioração dos Taludes / Paramentos	Não existe deterioração de taludes e paramentos		0	
	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva		2	
	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas		6	
	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura		10	
Observações:		Total:		

Categoria de Risco - Plano de Segurança da Barragem (PS)	Op	Pt	Foto/Arq
*Atentar para esta matriz pois caso ocorra pontuação 10 em qualquer campo implicará em Categoria de Risco ALTO e necessidade de Inspeção de			

Documentação de Projeto	Projeto executivo e "como construído"	0	
	Projeto executivo ou "como construído"	2	
	Projeto básico	5	
	Projeto conceitual	8	
	Não há documentação de projeto	10	
Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem	0	
	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem	1	
	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem	3	
	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem	6	
Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação	0	
	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento	2	
	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção	4	
	Não possui manuais ou procedimentos formais para monitoramento e inspeções	8	
Plano de Ação Emergencial - PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador)	Possui PAE	0	
	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão	2	
	PAE em elaboração	4	
	Não possui PAE (quando for exigido pelo	8	
Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na	0	
	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança	2	
	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento	4	
	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual	6	
	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança	8	
Observações:		Total:	

Dano Potencial Associado (DPA)		Op	Pt	Foto/Arq
Volume total do reservatório	Muito Pequeno <= 500 mil m ³		1	
	Pequeno 500 mil a 5 milhões m ³		2	
	Médio 5 milhões a 25 milhões m ³		3	
	Grande 25 milhões a 50 milhões m ³		4	
	Muito Grande >= 50 milhões m ³		5	
Existência de população a jusante	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem)		0	
	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local)		3	
	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local.		5	
	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas		10	
Impacto ambiental	INSIGNIFICANTE (área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes , segundo a NBR 10.004 da ABNT)		0	
	POUCO SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes , segundo a NBR 10.004 da ABNT)		2	
	SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes , segundo a NBR 10.004 da ABNT)		6	
	MUITO SIGNIFICATIVO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT)		8	

	MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I- Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT)		10	
Impacto sócio-econômico	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem)		0	
	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem)		1	
	MÉDIO (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem)		3	
	ALTO (existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infra-estrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem)		5	
Observações:		Total:		

A Barragem possui manta impermeabilizante?		Sim	Não		
A barragem possui auditoria externa?		Sim	Não	CNPJ:	
Existe responsável técnico pela barragem para:		Sim	Não	Projeto	Nome/CREA:
		Sim	Não	Construção	Nome/CREA:
		Sim	Não	Manutenção	Nome/CREA:
Os dados acima averiguados conferem com os declarados no RAL?		Sim	Não		

QUADRO PARA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS E REJEITOS

NOME DA BARRAGEM	
NOME DO EMPREENDEDOR	
DATA	

I.1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1	Características Técnicas (CT)	
2	Estado de Conservação (EC)	
3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	
PONTUAÇÃO TOTAL (CRI) = CT + EC + PS		

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	CATEGORIA DE RISCO	CRI
	ALTO	≥ 60 ou EC* = 10 (*)
	MÉDIO	35 a 60
	BAIXO	≤ 35

(*) Pontuação (10) em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.

I.2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		Pontos
	DANO POTENCIAL ASSOCIADO (DPA)	

FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO	DANO POTENCIAL ASSOCIADO	DPA
	ALTO	≥ 13
	MÉDIO	7 < DPA < 13
	BAIXO	≤ 7

RESULTADO FINAL DA AVALIAÇÃO:

CATEGORIA DE RISCO	Alto / Médio / Baixo
DANO POTENCIAL ASSOCIADO	Alto / Médio / Baixo

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

OBSERVAÇÕES:

CONCLUSÕES E DESCRIÇÃO DAS EXIGÊNCIAS/NOTIFICAÇÕES:

Responsável(eis) da empresa que acompanhou a vistoria / forneceu informações:

Nome(s):

CPF(s):

Cargo(s) na empresa:

Profissão(ões):

CREA(s):

Técnico(s) Responsável(eis) pela Fiscalização:

Nome:

Cargo:

SIAPE:

Assinatura:

Fonte: DNPM, 2014.

ANEXO B - Modelo de ficha de inspeção especial de barragem.

Modelo de Ficha de Inspeção Especial de Barragem

DADOS GERAIS DA BARRAGEM				
1. Nome da Barragem:				
2. Coordenadas:	°S	°O	Datum:	
3. Município / Estado:				
4. Data da Vistoria:		Vistoria N°:		
5. Bacia		Curso d'água barrado:		
6. Empreendedor:				

DADOS TÉCNICO DA BARRAGEM		
Tipo da Barragem	<input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/> Terra

ANOMALIAS IDENTIFICADAS – SITUAÇÃO PRETÉRITA (ÚLTIMA INSPEÇÃO)				
Identificação	Situação	Coluna(s) do quadro de Estado de Conservação com anomalia	Pontuação	Observações
		<input type="checkbox"/> Conformidade das Estruturas Extravasadoras; <input type="checkbox"/> Percolação; <input type="checkbox"/> Deformações e Recalques; <input type="checkbox"/> Deterioração dos Tabules / Paramentos.		

ANOMALIAS IDENTIFICADAS – AÇÕES EXECUTADAS		
Identificação da Anomalia	Ações Executadas	Classificação do resultado das ações tomadas
		(<input type="checkbox"/>) Extinto; (<input type="checkbox"/>) Controlado; (<input type="checkbox"/>) Não extinto.

ANOMALIAS IDENTIFICADAS – SITUAÇÃO ATUAL (APÓS AÇÕES EXECUTADAS)				
Identificação	Situação	Coluna(s) do quadro de Estado de Conservação com anomalia	Pontuação	Observações
		(<input type="checkbox"/>) Conformidade das Estruturas Extravasadoras; (<input type="checkbox"/>) Percolação; (<input type="checkbox"/>) Deformações e Recalques; (<input type="checkbox"/>) Deterioração dos Tabules / Paramentos.		

Identificação do Avaliador:	
Nome / Cargo:	
CREA n°:	
ART n°:	
Assinatura:	

ANEXO C - Declaração de emergência.

1 FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DA EMERGÊNCIA**DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA
URGENTE****SITUAÇÃO:** _____

Empreendedor: _____

BARRAGEM: _____

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

_____ (local) _____, _____ de _____ de _____

 (nome e assinatura)

 (cargo e RG)

FIM DE MENSAGEM

Fonte: Viseu, [2015?]b.

ANEXO D – Declaração de encerramento da emergência.

1 FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DA EMERGÊNCIA**DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA
URGENTE**

SITUAÇÃO: _____

Empreendedor: _____

BARRAGEM: _____

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

OBS:

_____ (local) _____, _____ de _____ de _____

 (nome e assinatura)

 (cargo e RG)

FIM DE MENSAGEM