

MANUAL DE FISCALIZAÇÃO

Programa de Gestão de Barragens



© 2023 FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM

Governo do Estado de Minas Gerais

Romeu Zema Neto – Governador

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Semad

Marília Carvalho de Melo – Secretária

Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam

Renato Teixeira Brandão – Presidente

Diretoria de Gestão de Resíduos – DGER

Alice Libânia Santana Dias – Diretora

Gerência de Recuperação de Áreas de Mineração e Gestão de Barragens – Geram

Roberto Junio Gomes – Gerente

Núcleo de Gestão de Barragens – Nubar

Ivana Carla Coelho – Coordenadora

Coordenação técnica de elaboração:

Afonso Henrique Ribeiro

Ivana Carla Coelho

Luiz Filipe Caríssimo Soares

Roberto Junio Gomes

Equipe Técnica

Adécio Silva Ferreira

Adriane Nunes Pereira

Aline Hojron Ribeiro

Aneliza Fiorio Pancini

Daniele Souza Costa Maia

Ivan Flávio Ferreira

João Victor Melo de Andrade

Pedro Correia Costa

Equipe de Apoio

Carolina Borges de Aguiar

Débora Maria Nunes Lima Baptista

Jéssica de Oliveira Barbosa

F981m

Fundação Estadual do Meio Ambiente.
Manual de fiscalização: Programa de Gestão de Barragens
/ Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte:
Feam, 2023.
94 p.; il.

Versão 1.

1. Barragem. 2. Barragem - estrutura. 3. Fiscalização -
procedimentos. 5. Aspectos legais. 5. Controle ambiental - Minas.
I. Título.

CDU: 627.271.4:351(815.1)

Ficha catalográfica elaborada por Márcia Beatriz Silva de Azevedo CRB 1936/6.

AGRADECIMENTOS

Este manual consolida um ciclo da gestão de barragens realizada pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam e é o fruto do trabalho de um grande número de profissionais aos quais gostaria de expressar os agradecimentos por assumirem a nobre missão de estruturar e operacionalizar o Programa de Gestão de Barragens da Feam.

Aos 26 engenheiros que atuaram no Núcleo de Gestão de Barragens – Nubar, entre os anos de 2019 e 2023, a saber: Adélcio Silva Ferreira; Adriane Nunes Pereira; Alice Helena Alfeu Alves; Aline Hojron Ribeiro; Ana Mara Araújo Torres; Aneliza Fiorio Pancini; Calebe Bortolini Sette da Silva; Cláudio Henrique Cardoso Soares Barbosa; Daniele Sousa Costa Maia; Darliely Aparecida Sá; Ivan Flávio Ferreira; João Victor Melo de Andrade; Jorge Luiz Noujeimi Gonçalves; Juliana Miranda Silva; Laís Emily de Assis; Luciano Junqueira de Melo; Luiz Filipe Caríssimo Soares; Marcelo Mendonça de Figueiredo; Marcos Túlio Fernandes; Mariana Martins Corrêa; Moisés Vaz Gomes; Paula Mendes Serrano; Pedro Henrique Correia Costa; Thais Simões Coelho de Souza; Vanessa de Macedo Melo Gomes e Vinicius Gustavo de Oliveira.

Aos servidores Afonso Henrique Ribeiro e Alder Marcelo de Souza, por orientar os trabalhos técnicos e chefiar a equipe em alguns períodos dessa trajetória.

A coordenadora Ivana Carla Coelho, que com o seu pulso firme, sua qualidade técnica e seu senso impecável de organização e objetividade, foi capaz de estabelecer fluxos de gestão eficientes e transparentes.

A diretora Alice Libânia, que com seu jeito meigo e seu senso de justiça sempre intervém de forma assertiva, respaldando os posicionamentos técnicos.

As chefes de gabinete, Leticia Capistrano e Renata Araújo, que, além de somarem um conhecimento ímpar sobre a gestão do Estado, sempre zelaram pela manutenção da equipe do Nubar.

Ao presidente da Feam, Renato Brandão, por estabelecer uma gestão institucional fundamentada no planejamento e na técnica.

Aos colegas da Agência Nacional de Mineração – ANM, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam que, na qualidade de fiscalizadores de barragem, contribuíram significativamente para as discussões técnicas.

Por fim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram com a gestão de barragens da Feam ao longo dos últimos quatro anos.

Roberto Gomes
Gerente de Recuperação de Áreas de Mineração e Gestão de Barragens/Feam

APRESENTAÇÃO

A Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam desenvolve a temática de gestão de barragens antes mesmo da consolidação de uma legislação federal sobre o tema. As primeiras normas infralegais publicadas no Estado de Minas Gerais e que versam sobre o tema datam do ano de 2002, quando foi publicada a Deliberação Normativa Conselho Estadual de Política Ambiental - Copam nº 62, de 17 de dezembro de 2002, conquanto a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB foi publicada somente no ano de 2010.

Ao longo dos anos de gestão, em razão dos sucessivos acidentes e desastres envolvendo barragens, a temática deixou de ser preocupação de apenas alguns e hoje permeia toda a sociedade. Desta consciência coletiva, surge uma pressão cada vez maior sobre governantes e iniciativa privada, para adoção de medidas efetivas para a garantia da segurança. Tal circunstância gerou uma profusão de instrumentos legais de comando e controle, principalmente sobre as barragens da mineração.

No Estado de Minas Gerais, essa consciência social sobre o tema tomou forma por meio do Projeto de Lei nº 3.695, de iniciativa popular, que ficou popularmente conhecido como “Mar de Lama Nunca Mais” e deu origem a Política Estadual de Segurança de Barragens - PESB, promulgada pela Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019.

A PESB reafirmou e incrementou as diretrizes da PNSB para as barragens de resíduos da indústria e atribuiu ao Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema a competência de realizar a fiscalização ambiental de barragens de rejeitos de mineração e de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração no âmbito estadual. Adicionalmente, atualizou as diretrizes para o licenciamento ambiental, aumentando as exigências para a emissão de atos que visem autorizar alteamentos ou construção de um novo barramento e estabeleceu o prazo de três anos para a descaracterização as barragens de montante situadas no Estado.

Neste sentido, respeitando as diretrizes de implementação articulada prevista na PESB, fica evidenciada a necessidade de consolidação de instrumentos que norteiem a atuação dos profissionais de fiscalização perante as diretrizes da legislação nacional e estadual. A utilização de ferramentas, como este manual, visa orientar os profissionais responsáveis por vistoriar as barragens em nome do Estado e dar transparência das diretrizes institucionais que norteiam o Programa de Gestão de Barragens da Feam, diminuindo o grau de subjetividade nas tomadas de decisão durante a inspeção da barragem. A partir das constatações de campo, considerando os procedimentos estabelecidos na Portaria Feam nº 699, de 07 de junho de 2023, e os conhecimentos consolidados neste manual, podem ser delineadas estratégias de gestão mais assertivas e alinhadas com os anseios da sociedade.

Renato Teixeira Brandão
Presidente da Feam

SUMÁRIO

1. Introdução	9
1.1 Breve panorama sobre a construção de barragens	9
1.2 Definições	10
2. Base legal para atividade de fiscalização	14
2.1 Estruturas abrangidas pela PESB.....	14
2.2 Classificação de barragens	14
2.3 Plano de ação de emergência e níveis de emergência.....	15
2.4 Atividades de fiscalização de barragens	16
3. Aspectos estruturais e de conservação de barragens	20
3.1 Tipos de barragens	20
3.2 Métodos construtivos	25
3.3 Elementos construtivos	27
3.4 Modos de ruptura	30
3.5 Principais anomalias encontradas em barragens.....	36
3.5.1 Barragens de terra e enrocamento	36
3.5.2 Barragens de concreto	46
3.5.3 Anomalias nos elementos construtivos da barragem	50
4. Procedimentos da fiscalização	52
4.1 Documentos a serem consultados antes das vistorias.....	56
4.2 Comunicação prévia com o empreendedor.....	58
4.3 Elaboração de pré-relatório.....	55
4.4 Procedimentos de fiscalização remota.....	59
5. Execução da fiscalização	61
5.1 Roteiro da fiscalização	61
5.2 Registro das constatações de campo	62
6. Atuação em situações emergenciais ou excepcionais	63
6.1 Casos emergenciais declarados	63
6.2 Casos emergenciais não declarados	64
6.3 Acompanhamento de situações excepcionais	64
7. Registro da Fiscalização	70
7.1 Modalidades de registro	70
7.2 Informações a serem registradas	70

7.3 Reunião com o empreendedor.....	71
8. Conduta do agente durante a fiscalização	73
8.1 Previsão legal acerca da conduta dos agentes.....	73
8.2 Aplicação dos princípios de ética e conduta durante as fiscalizações	74
8.2.1 Recusa do empreendedor em permitir acesso às barragens	74
8.2.2 Julgamento técnico das anomalias observadas	71
8.2.3 Divergência com o empreendedor no registro da fiscalização	71
9. Considerações Finais.....	73
10.Referências Bibliográficas.....	74
11.Apêndice A - Modelo de Ficha de Inspeção de Barragens	83

Barragens são estruturas vivas e complexas que demandam monitoramento e fiscalização especializada.



1. INTRODUÇÃO

O Manual de Fiscalização de Barragens da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam integra o escopo do Programa de Gestão de Barragens desta Fundação, à qual, no âmbito do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema, cabe promover ações de fiscalização e monitoramento das estruturas que se enquadram no conceito de barragem, estabelecido pela Lei Estadual nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019.

O presente Manual apresenta um conjunto de orientações acerca do processo de fiscalização dos diferentes tipos de barragens e tem como objetivo organizar, de maneira sistemática, as obrigações e procedimentos que devem ser executados durante todas as etapas do processo de fiscalização das estruturas, abrangendo, desde a preparação, que antecede a atuação em campo, até o registro das vistorias e a determinação das medidas decorrentes desta atuação.

No contexto da Política Estadual de Segurança de Barragens - PESB, o Manual destina-se aos técnicos da Feam, que atuam nas atividades de fiscalização de barragens no estado de Minas Gerais. Cabe ressaltar ainda que este conteúdo também pode ser útil como um guia orientativo para outras entidades que atuam na fiscalização de barragens, caso não possuam um conjunto próprio de instruções acerca dessa atividade.

O Manual está estruturado de forma a apresentar a sequência de procedimentos a serem executados para as atividades de fiscalização de barragens da Feam no âmbito da Política Estadual de Segurança de Barragens.

No capítulo introdutório, é abordado um breve panorama sobre a construção de barragens ao longo da história, com enfoque na implantação dessas estruturas no Brasil e no estado de Minas Gerais, além de definições de conceitos que serão úteis para entendimento deste Manual.

Na sequência, será abordada a legislação ambiental que embasa as atividades de fiscalização de barragens e o conhecimento teórico necessário para a execução de inspeções dos diversos tipos de barragens.

Por fim, será apresentada uma série de recomendações acerca dos procedimentos para a preparação, execução e registro, além da conduta dos agentes fiscalizadores durante as atividades de inspeção.

1.1 Breve panorama sobre a construção de barragens

A construção de barragens é uma das mais antigas atividades técnicas desenvolvidas para o benefício de grandes comunidades humanas. As primeiras barragens feitas de terra e enrocamento datam do 3º milênio A.C., e até o final do século XVI já haviam sido documentadas cerca de 300 estruturas ao redor do

mundo, exercendo principalmente a função de armazenamento de água para suprimento para a população, irrigação e controle de cheias (Kutzner, 1997).

A partir de meados do século XIX, os primeiros critérios racionais começaram a ser aplicados no projeto e na construção de barragens, em complementação aos critérios empíricos que foram desenvolvidos ao longo do tempo, e durante o século XX, grandes avanços foram obtidos a partir do desenvolvimento de métodos construtivos mais eficientes e critérios de projeto mais rigorosos (Jansen, 1998).

No que diz respeito às atividades de disposição de rejeitos da mineração e da indústria, a construção de barragens para esse fim teve início na década de 1930, em decorrência do desenvolvimento dos primeiros distritos minerários e da elaboração das primeiras legislações sobre o gerenciamento de resíduos da mineração, que até então eram simplesmente lançados de forma descontrolada em terrenos próximos aos empreendimentos e em cursos d'água.

A tecnologia para implantação de barragens de rejeitos passou por um grande desenvolvimento ao longo da segunda metade do século XX, impulsionado pelo aumento do porte e da produtividade dos empreendimentos minerários, pelo avanço da compreensão dos princípios da Geotecnia e pela maior importância que passou a ser dada aos aspectos ambientais [CBDB, 201-].

Especificamente no estado de Minas Gerais, a construção de barragens para contenção de rejeitos de mineração exerce um grande impacto na economia e na sociedade como um todo, devido à grande quantidade e ao porte dos empreendimentos minerários instalados no seu território.

Atualmente, a construção e a manutenção de barragens de todos os tipos e finalidades são executadas seguindo critérios rígidos de projeto e monitoramento, desenvolvidos à luz do avanço tecnológico que ocorreu ao longo do tempo, bem como do aprendizado obtido com casos de ruptura ou falha de barragens ao redor do mundo.

1.2 Definições

A seguir, são apresentados os conceitos básicos acerca dos elementos que compõem a temática da gestão de barragens, tanto no âmbito estadual quanto federal, referente à segurança de barragens. Nesse contexto, define-se:

- I. Acidente: comprometimento da integridade estrutural com liberação incontrolável do conteúdo do reservatório, ocasionado pelo colapso parcial ou total da barragem ou de estrutura anexa^[1];
- II. Afluente à barragem: qualquer fluxo de água, de rejeitos ou de outros sedimentos, perenes ou sazonais, superficiais ou subterrâneos, que convergem para o reservatório da barragem^[2];
- III. Alteamento de barragens: quaisquer incrementos de altura do maciço de barragens, a partir de um maciço inicial existente, projetados e

- construídos para aumento de capacidade volumétrica, elevação de lâmina de água, aumento de altura de amortecimento de cheias, ou outro motivo, tornando necessário ou desejável tal procedimento^[2];
- IV. Anomalia: qualquer deficiência, irregularidade ou anormalidade que possa vir a afetar a segurança da barragem^[3];
 - V. Barragem de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração: barragens que acumulam água ou líquidos considerados insumos do processo produtivo^[3];
 - VI. Barragem descaracterizada: aquela que não opera como estrutura de contenção de sedimentos ou rejeitos, não possuindo características de barragem, e que se destina a outra finalidade^[3];
 - VII. Barragem: qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas^[3];
 - VIII. Categoria de risco: classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre^[3];
 - IX. Comunidade: agrupamento de pessoas residentes em área rural ou urbana, bem como equipamentos urbanos e comunitários em utilização, de forma permanente, além de instalações destinadas a atividades administrativas, de trabalho, de vivência, de saúde e de recreação^[3];
 - X. Desastre: resultado de evento adverso, de origem natural ou induzido pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis, que causa significativos danos humanos, materiais ou ambientais e prejuízos econômicos e sociais^[1];
 - XI. Disposição de rejeito/resíduo: forma planejada e organizada de acumular rejeitos com minimização de riscos estruturais e ambientais^[2];
 - XII. Efluente da barragem: fração líquida que retorna ao meio ambiente por via superficial e/ou subterrânea, após passar pela barragem^[2];
 - XIII. Empreendedor: pessoa física ou jurídica que detenha outorga, licença, registro, concessão, autorização ou outro ato que lhe confira direito de operação da barragem e do respectivo reservatório, ou, subsidiariamente, aquele com direito real sobre as terras onde a barragem se localize, se não houver quem os explore oficialmente^[3];
 - XIV. Incidente: ocorrência que afeta o comportamento da barragem ou de estrutura anexa que, se não controlada, pode causar um acidente^[1];
 - XV. Mapa ou mancha de inundação: produto do estudo de inundação que compreende a delimitação geográfica georreferenciada das áreas potencialmente afetadas por eventual vazamento ou ruptura da barragem e seus possíveis cenários associados e que objetiva facilitar a notificação eficiente e a evacuação de áreas afetadas por essa situação^[3];
 - XVI. Nível de emergência: convenção utilizada para graduar as situações de emergência que possam comprometer a segurança da barragem^[3];
 - XVII. Órgão fiscalizador: autoridade do poder público responsável pelas ações de fiscalização da segurança da barragem de sua competência^[1];

- XVIII. Potencial de dano ambiental: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais^[3];
- XIX. Rejeito: todo e qualquer material descartado durante o processo de beneficiamento de minérios^[2];
- XX. Reservatório: acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos^[1];
- XXI. Sedimento: todo e qualquer particulado sólido gerado por erosão e carreado superficialmente pela água^[2];
- XXII. Situações de emergência: situações decorrentes de eventos adversos que afetem a segurança da barragem e possam causar danos a sua integridade estrutural e operacional, à preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente^[3];
- XXIII. Sólidos ou líquidos contaminados: concentrações de elementos químicos sólidos ou líquidos, incluindo os radioativos (conforme tabela de contaminantes do Conama e outras instituições normativas) de interesse que têm o potencial de afetar negativamente o meio ambiente ou a saúde humana^[2];
- XXIV. Zona de autossalvamento (ZAS): trecho do vale a jusante da barragem em que não haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme mapa de inundação^[1];
- XXV. Zona de segurança secundária (ZSS): trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS^[1];

^[1] Artigo 2º da Lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Estadual de Segurança de Barragens.

^[2] Item 3 da NBR 13.028/2017, que estabelece os requisitos mínimos para o desenvolvimento e apresentação de projetos de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água;

^[3] Artigo 3º do Decreto nº 48.140/2021, que regulamenta os dispositivos da Política Estadual de Segurança de Barragens;

DA LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

2. BASE LEGAL PARA ATIVIDADE DE FISCALIZAÇÃO

Este capítulo apresenta os principais aspectos e determinações referentes às atividades de fiscalização de barragens, que são contempladas pela legislação vigente. Nessa seção, será dada atenção especial à legislação referente à Política Estadual de Segurança de Barragens - PESB implementada no estado de Minas Gerais, que foi instituída pela Lei nº 23.291/2019, e teve alguns dispositivos regulamentados pelos Decretos nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021, de 25 de fevereiro de 2021 e nº 48.078, de 05 de novembro de 2020.

2.1 Estruturas abrangidas pela PESB

As estruturas sobre as quais se aplica a PESB são especificadas no artigo 4º do Decreto nº 48.140/2021, correspondendo a barragens destinadas à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração e a barragens de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração, que apresentem, no mínimo, uma das seguintes características:

- I. Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 10 m (dez metros);
- II. Capacidade total do reservatório maior ou igual a 1.000.000 m³ (um milhão de metros cúbicos);
- III. Reservatório com resíduos perigosos;
- IV. Potencial de dano ambiental médio ou alto, conforme disposto neste decreto.

2.2 Classificação de Barragens

As barragens são classificadas, de acordo com informações prestadas pelo empreendedor, por categoria de risco e potencial de dano ambiental, conforme previsto no artigo 5º do Decreto nº 48.140/2021.

A classificação por categoria de risco em baixo, médio ou alto é feita em função das características e dos aspectos da própria barragem que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre, sendo considerados os seguintes critérios:

- I – Características Técnicas;
- II – Estado de conservação da barragem;
- III – Plano de Segurança de Barragem.

A classificação por potencial de dano ambiental em baixo, médio ou alto é feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem, sendo considerados os seguintes critérios:

- I – Existência de comunidade na mancha de inundação;
- II – Existência de unidades habitacionais ou equipamentos urbanos ou comunitários;
- III – Existência de infraestrutura ou serviços;
- IV – Existência de equipamentos de serviços públicos essenciais, inclusive manancial ou reservatório de água destinados ao abastecimento público;
- V – Existência de áreas protegidas definidas em legislação;
- VI – Natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados;
- VII – Volume do reservatório.

Os critérios estabelecidos para a classificação das barragens são estabelecidos nos anexos I a IV do Decreto nº 48.140/2021, onde constam as matrizes de classificação para cada tipo de estrutura e as pontuações atribuídas para cada critério.

2.3 Plano de Ação de Emergência e Níveis de Emergência

O Plano de Ação de Emergência – PAE foi definido no artigo 9º da Lei nº 23.291/2019, e de acordo com o artigo 2º do Decreto nº 48.078/2020, tem como objetivos promover a:

- I – Segurança das pessoas e dos animais;
- II – Preservação do meio ambiente;
- III – Salvaguarda do patrimônio cultural.

Ao ser identificada uma situação de emergência por parte do empreendedor, ela deve ser avaliada e classificada de acordo com os níveis de emergência definidos pelo artigo 21 do Decreto nº 48.078/2020, a saber:

- I – Nível 1, quando detectada anomalia com pontuação dez em qualquer coluna da matriz referente ao item “estado de conservação” da classificação de categoria de risco, ou qualquer anomalia com potencial de comprometimento da segurança da barragem;
- II – Nível 2, quando o resultado das ações adotadas para controle da anomalia referida no inciso I for classificado como “não controlado” ou “não extinto”, gerando maiores riscos que comprometam a segurança da barragem;
- III – Nível 3, quando a ruptura for iminente ou estiver ocorrendo.

O § 3º deste mesmo artigo determina ainda que “Declarada a situação de emergência, o coordenador do PAE deverá comunicar o fato à Feam, aos órgãos de defesa civil e aos entes de proteção ao patrimônio cultural, e estar à disposição por meio do número de telefone constante do PAE para essa finalidade”.

Quanto às obras e intervenções a serem adotadas em situações de emergência, os artigos 24 e 25 do Decreto nº 48.140/2021 determinam que as medidas emergenciais necessárias à redução ou à eliminação de situação de grave e iminente risco para vidas humanas e para o meio ambiente devem ser adotadas imediatamente pelo empreendedor, independentemente de prévio licenciamento ambiental ou autorização para intervenção ambiental de competência dos órgãos ambientais estaduais.

A execução dessas medidas depende:

I – Da comunicação prévia e justificada dirigida à Feam e à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad, devendo constar a assinatura do representante legal do empreendimento;

II – Do envio de relatórios periódicos mensais à Feam e à Semad com a indicação de todas as intervenções realizadas e respectivas medidas e ações adotadas para prevenir, minimizar ou mitigar os potenciais impactos ambientais associados, até o final da obra ou intervenção;

III – Do envio de relatório final que comprove o encerramento da situação emergencial geradora das obras e intervenções, ou a efetiva descaracterização da barragem, bem como os resultados do monitoramento das ações de prevenção, minimização e mitigação de impactos.

Destaca-se que a Resolução Conjunta Semad/Feam/IEF/Igam nº 3.181, de 11 de novembro de 2022 traz diretrizes adicionais para apresentação do PAE, bem como determina os procedimentos a serem adotados pelos responsáveis por barragens no estado.

2.4 Atividades de Fiscalização de Barragens

Acerca das atividades de fiscalização de barragens por parte das entidades competentes do Sisema, a Lei nº 23.291/2019, determina, em seu artigo 14, que o empreendedor responsável pela barragem deve permitir o acesso irrestrito dos representantes dos órgãos ou das entidades competentes do Sisema e do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – Sinpdec – ao local e à documentação relativa à barragem.

O artigo 17 desta mesma lei define que as barragens devem ser objeto de auditoria técnica de segurança, sob responsabilidade do empreendedor, na seguinte periodicidade:

I – A cada ano, para barragens com alto potencial de dano ambiental;

II – A cada dois anos, para barragens com médio potencial de dano ambiental;

III – A cada três anos, para barragens com baixo potencial de dano ambiental

Assim, os anos de apresentação da auditoria, em função da classificação das barragens quanto ao Potencial de Dano Ambiental, podem ser consultadas na Tabela 1, observando-se que, no ano de 2021, a apresentação da auditoria foi requisito para o cadastro de todas as barragens no Sigibar.

Tabela 1: Ano de apresentação da auditoria técnica, em função do Potencial de Dano Ambiental. Fonte: Feam.

PDA	Ano de apresentação da Auditoria Técnica										Continua sucessivamente
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Alto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Médio	x		x		x		x		x		
Baixo	x			x			x			x	

Destaca-se ainda que as barragens de rejeitos e resíduos de mineração que utilizem o método de alteamento a montante devem, semestralmente, ser objeto de auditoria técnica extraordinária de segurança de barragem, nos termos do artigo 4º, § 3º, da Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784, de 21 de março de 2019.

O artigo 17 da Lei nº 23.291/2019 apresenta ainda as seguintes determinações:

§ 2º: Em caso de evento imprevisto na operação da barragem ou de alteração nas características de sua estrutura, o órgão ou a entidade competente do Sisema exigirá do empreendedor, por meio de notificação, a realização de auditoria técnica extraordinária de segurança da barragem, cujo relatório será apresentado no prazo de até cento e vinte dias contados da notificação, observado o disposto neste artigo.

§ 4º: Independentemente da apresentação de relatório resultante de auditoria técnica de segurança ou auditoria técnica extraordinária de segurança, o órgão ou a entidade competente do Sisema poderá determinar, alternativa ou cumulativamente:

I – A realização de novas auditorias técnicas de segurança, até que seja atestada a estabilidade da barragem;

II – A suspensão ou a redução das atividades da barragem;

III – A desativação da barragem

§ 7º: Caso o empreendedor não apresente a declaração de condição de estabilidade da barragem a que se referem os arts. 15 e 17 nos prazos determinados ou caso o auditor independente não conclua pela estabilidade da barragem, o órgão ou a entidade competente do Sisema determinará a suspensão imediata da operação da barragem até que se regularize a situação.

Além disso, o artigo 19 define que o órgão ou a entidade competente do Sisema fará vistorias regulares, em intervalos não superiores a um ano, nas barragens com alto potencial de dano ambiental instaladas no Estado, emitindo laudo técnico sobre o desenvolvimento das ações a cargo do empreendedor.

Por fim, cabe destacar que o responsável pela barragem deverá apresentar Relatório de Inspeção Semestral - RIS do semestre, acompanhado da Declaração de Condição de Estabilidade - DCE, entre 1º e 31 de março e entre 1º e 30 de setembro de cada ano, independente do potencial de dano ambiental da barragem, nos termos no art. 19 da Portaria Feam nº 699, de 07 de junho de 2023.

Ressalta-se que as legislações que foram utilizadas como base para a elaboração do presente Manual são passíveis de alteração ao longo do tempo, sendo responsabilidade do agente fiscalizador manter-se atualizado acerca do embasamento legal das suas atividades.

DOS CONCEITOS DE BARRAGEM

3. ASPECTOS ESTRUTURAIS E DE CONSERVAÇÃO DE BARRAGENS

Neste Capítulo, serão abordados os aspectos teóricos que norteiam as atividades de fiscalização de barragens. Serão apresentados os tipos de barragens, seus elementos construtivos e estruturas associadas.

Também são abordados, em aspectos gerais, os principais modos de falha de barragens de terra, enrocamento e concreto, além de exemplos das principais anomalias que podem ser encontradas durante uma fiscalização, suas causas e prováveis consequências.

3.1 Tipos de barragens

Em geral, os diversos tipos de barragem podem ser classificados quanto à finalidade da estrutura e quanto aos materiais de construção utilizados.

Quanto à finalidade, as barragens podem ser divididas em:

- Armazenamento de água;
- Geração de energia elétrica;
- Disposição de sólidos (rejeitos de mineração, resíduos de indústria, sedimentos);
- Controle de enchentes;
- Irrigação.

Ressalta-se que as diretrizes deste manual são direcionadas para as barragens destinadas à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração e a barragens de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração, nos termos da Lei 23.291/2019.

Quanto ao material de construção utilizado, são mais comuns os seguintes tipos de barragens:

- barragens de concreto
- barragens de terra
- barragens de enrocamento
- barragens de aterro hidráulico

a) Barragens de concreto

As barragens de concreto geralmente estão associadas a materiais de fundação com boa resistência mecânica, e são empregadas principalmente para armazenamento de água e geração de energia.

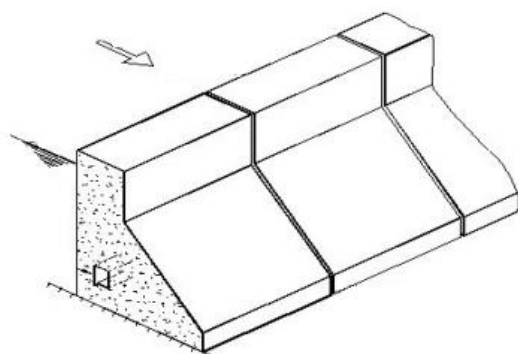
Podem operar pelos sistemas de gravidade, no qual a estabilidade é assegurada pelo peso próprio e pela largura da base da estrutura, que geralmente possui seção transversal triangular, pelo sistema de gravidade aliviada, no qual a área da base é menor e o peso do material a montante é sustentado pelos contrafortes, e pelo sistema de arco simples ou duplo (abóbada), no qual a seção transversal apresenta espessura reduzida e os esforços são descarregados nas ombreiras.

Pode ser empregado também o concreto compactado a rolo - CCR, que consiste numa mistura de solo e cimento. Nesse caso, a geometria e o método construtivo da estrutura se assemelham aos empregados em barragens de terra (ABGE, 1998).



Figura 1: Vista de uma barragem de concreto do tipo arco duplo, utilizada para armazenamento de água. Fonte: Possan, [201-].

Barragem de Gravidade



Barragem de Contraforte

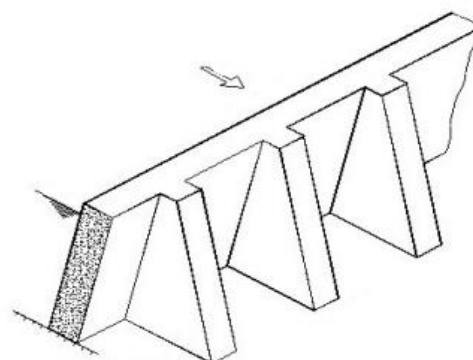


Figura 2: Esquema da geometria de uma barragem de concreto construída pelos sistemas de gravidade e contrafortes. Fonte: Adaptado de VIEIRA JUNIOR e SALLES (2011), *apud* Possan, [201-].



Figura 3: Vista de uma barragem construída em concreto compactado a rolo. Fonte: Possan, [201-].

b) Barragens de terra

As barragens de terra possuem grande volume, com base larga e taludes suaves, com os esforços transmitidos à fundação sendo mais baixos em relação às estruturas de concreto, e possuem uma grande variedade de aplicações.

As dimensões e a geometria da barragem dependem da resistência e da permeabilidade dos materiais empregados na construção, e a percolação de água através do maciço deve ser controlada para evitar o colapso da estrutura.

Podem ser executadas barragens de terra homogêneas, construídas com um único tipo de solo, geralmente argiloso e pouco permeável, com taludes mais abatidos, ou barragens zoneadas, com um núcleo central impermeável e duas zonas externas (espaldares) mais permeáveis e resistentes (ABGE, 1998).



Figura 4: Vista de uma barragem de terra utilizada para armazenar rejeitos de mineração. Fonte: Geoconsultoria, 2021.

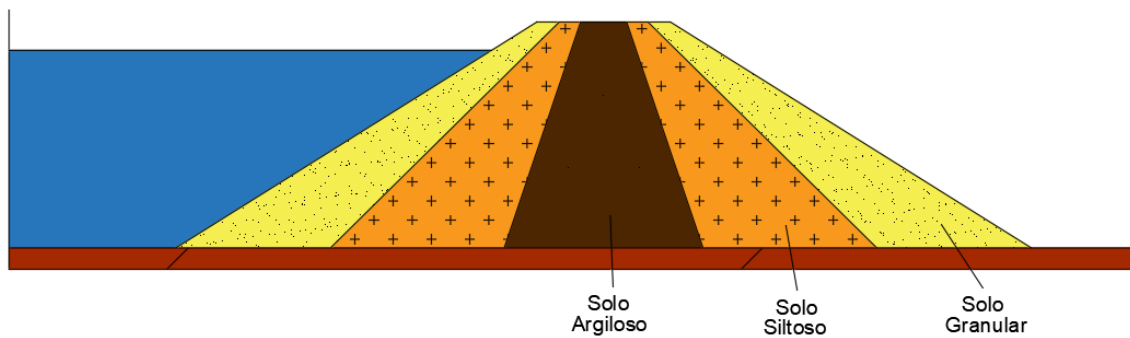


Figura 5: Esquema da seção de uma barragem de terra zoneada. Fonte: Feam.

c) Barragens de enrocamento

As barragens de enrocamento são construídas com blocos de rocha e cascalho, e possuem geometria e processo construtivo semelhantes às barragens de terra. Possuem diversas aplicações e geralmente devem ser construídas sobre fundações com boa resistência.

Podem ser livremente drenantes, com a água percolando ao longo do maciço, ou podem possuir algum tipo de impermeabilização, sendo geralmente utilizados núcleos internos de argila ou lajes de concreto cobrindo o talude de montante (ABGE, 1998).



Figura 6: Vista de uma barragem de enrocamento com função de armazenamento de água. Fonte: CBDB, 2011.

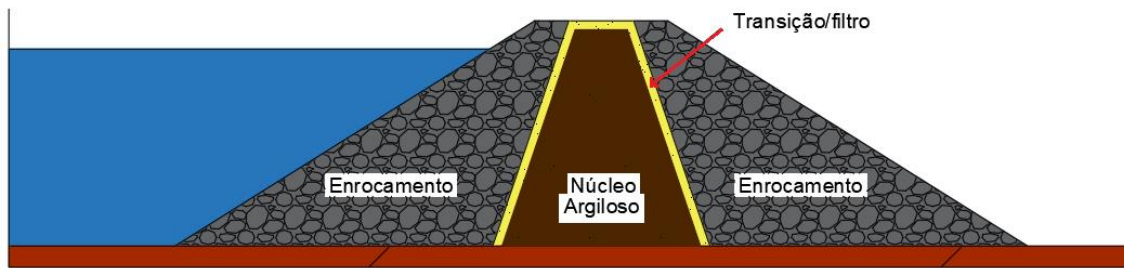


Figura 7: Esquema da seção de uma barragem de enrocamento com núcleo argiloso. Fonte: Feam.

d) Barragens de aterro hidráulico

As barragens de aterro hidráulico são construídas pelo processo de hidromecanização, no qual o solo é transportado misturado à água, na forma de polpa.

Geralmente, os solos empregados nessa técnica são areias finas e médias, e o maciço pode ser homogêneo ou possuir um núcleo com menor permeabilidade (Cruz, 2004). Um exemplo de aplicação dessa técnica são as barragens de contenção de rejeitos da mineração cujo maciço é construído com o próprio rejeito.



Figura 8: Vista de uma barragem de aterro hidráulico, construída com rejeito de mineração. Fonte: GeoHydroTech, 2022.

3.2 Métodos construtivos

Os métodos construtivos em barragens relacionam-se à metodologia para a execução do maciço e dos alteamentos da estrutura, conforme apresentado na sequência.

a) Etapa única

O método de etapa única consiste na execução da totalidade do maciço da barragem em uma única obra, consistindo na geometria final da estrutura. É o método característico de barragens de terra e enrocamento de pequeno porte, assim como das barragens de concreto.

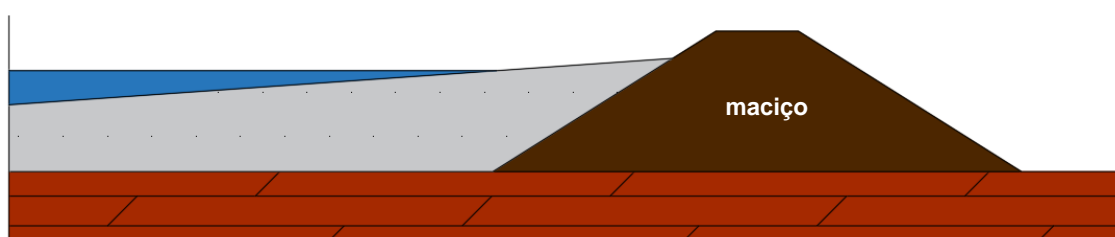


Figura 9: Esquema de uma barragem construída em etapa única. Fonte: Feam.

b) Alteamento a jusante

O método de alteamento a jusante consiste na execução de um aterro sobre o maciço original, deslocando o seu eixo central para jusante.

Trata-se da metodologia mais onerosa e mais segura para alteamento, já que os parâmetros de compactação e resistência dos materiais utilizados são controlados durante toda a obra.

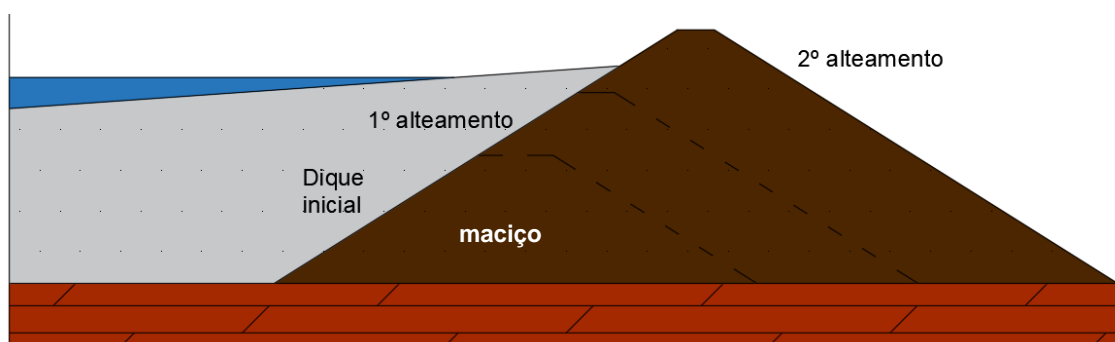


Figura 10: Esquema do processo de alteamento a jusante. Fonte: Feam.

c) Alteamento a montante

Esse método é característico de barragens de contenção de rejeitos de mineração, e consiste na construção de um aterro apoiado sobre o rejeito armazenado, deslocando o eixo central da estrutura para montante.

É o método que demanda menor investimento econômico para sua construção, porém os parâmetros de segurança exigidos devem ser os mais rígidos. Assim, o rejeito armazenado deve atender alguns parâmetros relacionados a permeabilidade e compactação do material, já que a geração de poropressões excessivas devido ao carregamento pode levar à ruptura da barragem por liquefação.

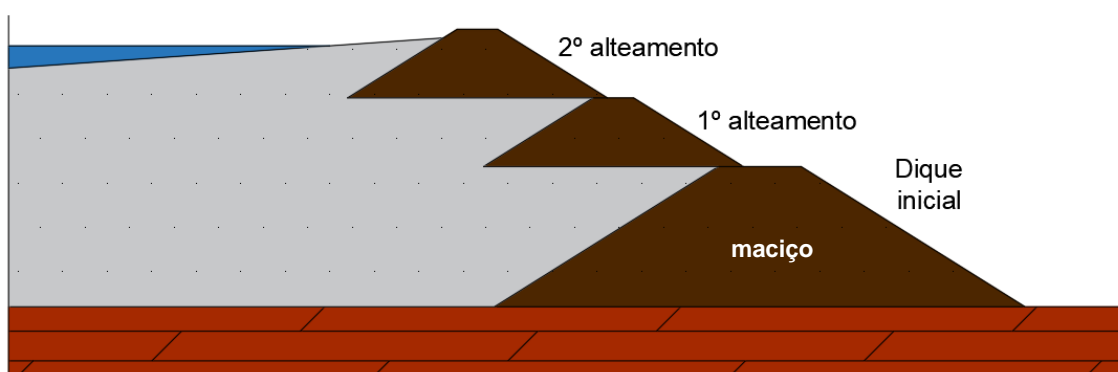


Figura 11: Esquema do processo de alteamento a montante. Fonte: Feam.

No Estado de Minas Gerais, a construção de novas barragens alteadas pelo método de montante foi proibida pela Lei 23.291/2019, que inclusive determinou a descaracterização de todas as estruturas instaladas e em operação que foram construídas por este método.

d) Alteamento por linha de centro

Trata-se de um método intermediário entre os métodos de jusante e montante, em relação aos aspectos econômicos e de segurança da obra.

Nesse método, o novo aterro é construído parte sobre o rejeito e parte sobre o maciço anterior, com o eixo central da estrutura mantendo-se na mesma posição.

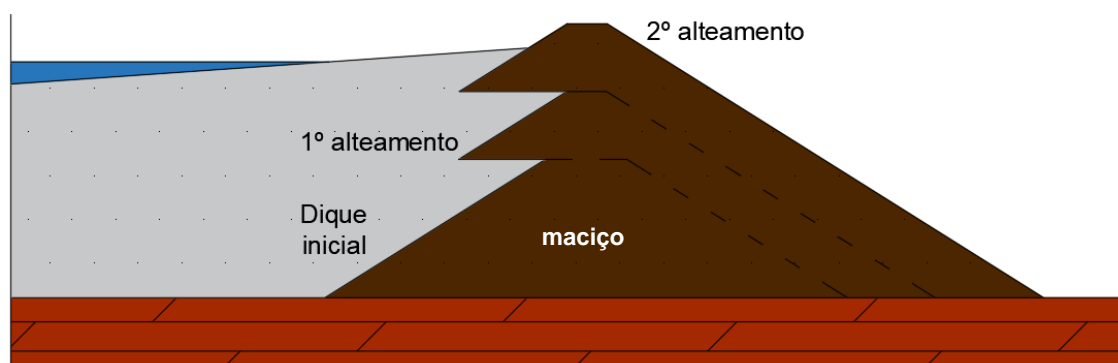


Figura 12: Esquema do processo de alteamento por linha de centro. Fonte: Feam.

3.3 Elementos construtivos

Em barragens de qualquer tipo, os principais elementos estruturais e construtivos que podem ser encontrados são os seguintes:

- **Bacia de dissipação**

Canal ou estrutura semelhante, instalado a jusante da barragem, com função de dissipar a energia do fluxo proveniente dos sistemas de drenagem interna ou extravasor.

- **Berma**

Plataforma horizontal ou degrau no perfil inclinado do talude, executado para aumentar a estabilidade do maciço.

- **Berma de equilíbrio**

Aterro adicional, construído no pé de jusante do maciço, com função de evitar o deslocamento da massa de solo e estabilizar a barragem.

- **Borda livre**

É a distância vertical entre o espelho d'água no reservatório e a crista do maciço.

- **Canaletas, descidas d'água, escadas e caixas de passagem**

Dispositivos de drenagem superficial da barragem, que captam a água de chuva. São posicionados geralmente nos pés dos taludes e nos encontros do maciço com as ombreiras.

- **Crista ou coroamento**

É a superfície plana no topo da barragem. Pode ser utilizada para tráfego de pessoas, veículos e equipamentos.

- **Dreno de pé**

Consiste em uma zona de material permeável no pé do talude de jusante ou em uma trincheira escavada sob o pé, que coleta a água que percola no maciço ou no sistema de drenagem interna, caso exista, e a conduz de forma segura para um ponto a jusante da barragem (canal de restituição, curso d'água, entre outros).

- **Eixo do maciço**

Direção longitudinal ao maciço, que define o alinhamento da crista e dos taludes.

- Filtro

Estrutura construída no interior do maciço de barragens de terra, em material granular, com função de conduzir e controlar o fluxo de água pelo interior da barragem, além de evitar o avanço de processos de erosão interna. Podem ser verticais ou inclinados, dependendo das dimensões do maciço.

- Fundação

Material sobre o qual a estrutura da barragem é construída.

- Instrumentos de monitoramento/auscultação

Conjunto de Instrumentos que permite medir os esforços atuantes, os deslocamentos, a posição do nível d'água, entre outros parâmetros na estrutura da barragem ou no seu entorno, para avaliar sua segurança e estabilidade.

- Maciço

É o corpo da barragem, constituindo a sua estrutura. É o elemento responsável por reter o material armazenado.

- Ombreiras

São as laterais do vale onde o maciço da barragem se apoia. As linhas onde os taludes encontram as ombreiras são chamadas de contato entre o maciço e a ombreira ou simplesmente de encontro. As ombreiras direita e esquerda são definidas olhando-se para a direção de jusante do reservatório (direção para onde a água está fluindo).

- Pé da barragem

Encontro do talude com o terreno, a montante ou jusante.

- Praia de rejeitos

Estrutura formada pela deposição hidráulica de rejeitos granulares no reservatório.

- Proteção vegetal

Proteção aplicada na superfície de todo o maciço para prevenção contra a ação erosiva da água, vento, passagem de pessoas e animais, entre outros fatores. Deve ser plantada vegetação gramínea sem raízes profundas, e ser executada a roçada periodicamente.

- Rip rap

Proteção aplicada na superfície do talude de montante contra a erosão do maciço, devido à ação de ondas geradas no reservatório. Geralmente é construído em enrocamento ou solo-cimento.

- Sistema Extravassor

Conjunto de elementos com a função de regularização dos níveis do reservatório, amortecimento de enchentes, regularização das vazões do corpo d'água a jusante, prevenção do galgamento da barragem e esvaziamento rápido do reservatório em casos de emergência. Os principais tipos de dispositivos desse sistema são os seguintes:

- Descarga de fundo: conduto que passa pelo interior do maciço ou da fundação da barragem, posicionado abaixo do nível do reservatório, e descarrega o fluxo de água em uma bacia de dissipação. Sua operação é controlada por uma comporta. Esse sistema é utilizado em barragens de água.
- Vertedouro tipo tulipa: Estrutura que consiste em uma tomada d'água posicionada no interior do reservatório, no nível operacional do espelho d'água, e de uma galeria que atravessa o maciço para escoamento.
- Vertedouro de superfície: estrutura escavada na superfície do maciço ou da ombreira, que percorre a superfície da barragem conduzindo a água.

- Taludes

São as faces inclinadas do maciço, paralelas ao seu eixo. A face voltada para o reservatório é chamada de talude de montante, enquanto a face oposta ao reservatório é o talude de jusante.

- Tapete drenante

Estrutura semelhante aos filtros, porém construída horizontalmente, na base do maciço.

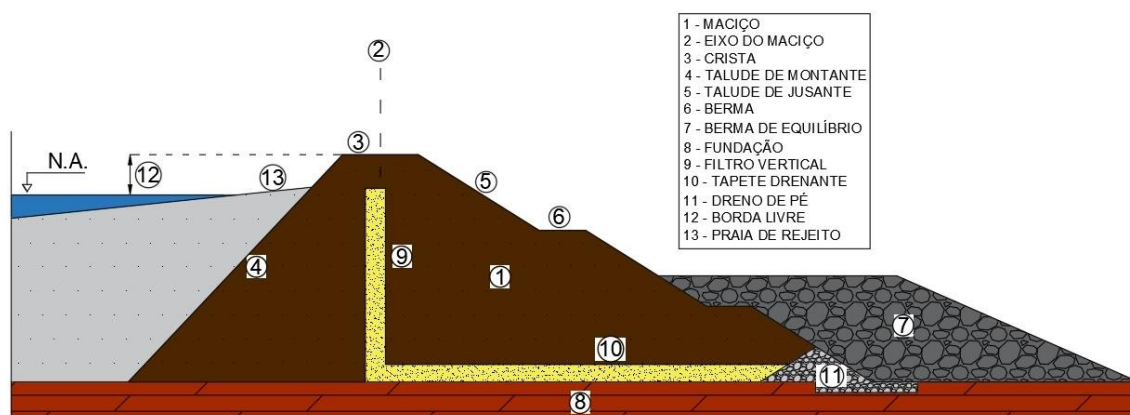


Figura 13: Elementos estruturais de uma barragem de terra. Fonte: Feam.

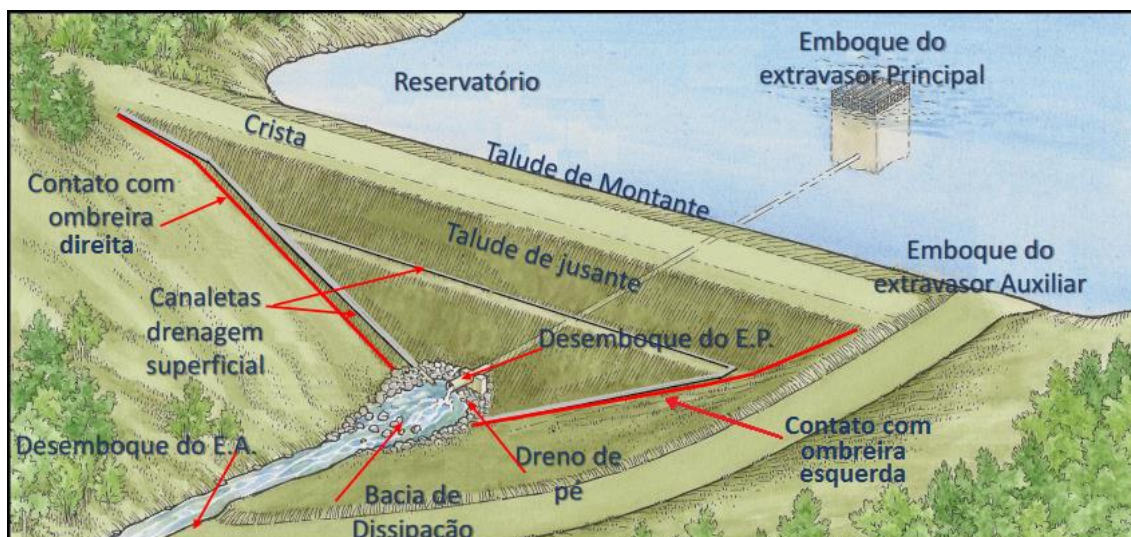


Figura 14: Elementos construtivos de uma barragem. Fonte: Adaptado de *Williams Lake Conservation Company*.



Figura 15: Seções instrumentadas em uma barragem de terra. Fonte: Acervo Feam.

3.4 Modos de ruptura

a) Deslizamento de taludes

O deslizamento de taludes em barragens de terra ou enrocamento ocorre quando os esforços atuantes sobre uma superfície que corta o corpo do maciço superam as forças resistentes. Como consequência, toda a massa acima da superfície de ruptura se movimenta, provocando grandes deformações no maciço (Kutzner, 1997).

Em barragens nas quais o maciço é homogêneo, a superfície de ruptura tem forma circular, enquanto configurações em que os materiais não são homogêneos alteram a sua forma. Zonas de contato entre diferentes materiais também podem representar superfícies preferenciais de baixa resistência (Morgenstern e Price, 1965).

Durante a fase construtiva e a vida útil da barragem, as seguintes situações são críticas para a ocorrência de deslizamento de taludes (ABGE, 1998; Cruz, 2004; Kutzner, 1997):

- Condições temporais durante período construtivo do maciço;
- Primeiro enchimento do reservatório;
- Rebaixamento do nível d'água no reservatório;
- Eventos climáticos extremos;
- Ocorrência de sismos naturais ou induzidos.



Figura 16: Ruptura de talude na barragem de *Woman Creek* (EUA), por perda de estabilidade do maciço. Fonte: ASDSO, [201-].

b) Erosão interna (*piping*)

O fenômeno do *piping* ocorre quando partículas de solo são carregadas pelo fluxo de água no interior do maciço ou na fundação da barragem, devido às forças de percolação geradas durante esse processo. Trata-se de um fenômeno gradual, no qual é formada uma cavidade erosiva tubular no interior do maciço.

O *piping* ocorre quando o gradiente hidráulico atinge o seu valor crítico em um ponto no interior do maciço, e as forças geradas pela percolação da água fazem com que a tensão efetiva se anule, e os solo perca sua resistência. A erosão interna também pode ser iniciada a partir de uma concentração de fluxo em uma fratura ou fissura no interior da massa de solo, se desenvolvendo a partir desse ponto, ou em uma zona de contato entre dois materiais com granulometrias distintas. (Fell e Fry, 2007, Robbins e Griffiths, 2018).

A ação prolongada da erosão interna pode levar a perda excessiva da água do reservatório, abatimento do maciço da barragem ou até à ruptura da estrutura.

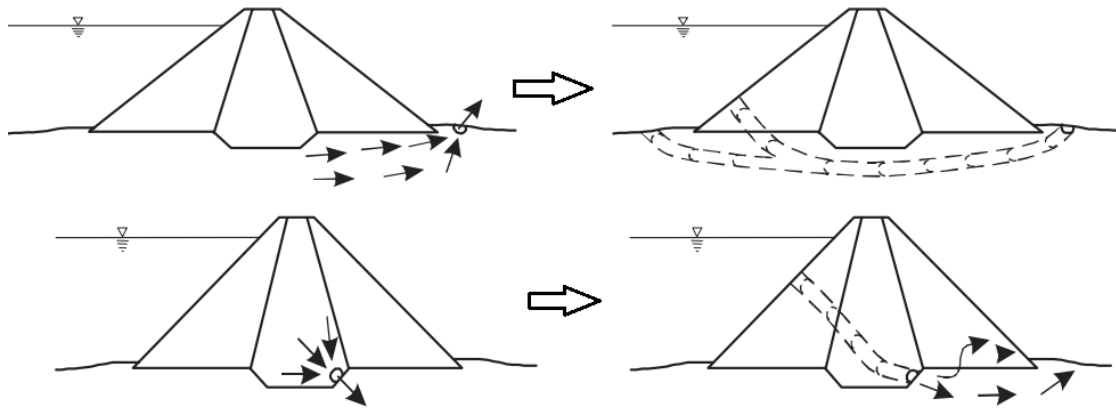


Figura 17: Esquema da ocorrência de *piping* ao longo da fundação e do maciço da barragem. Fonte: Adaptado de Fell e Fry, 2007.



Figura 18: Exemplo de *piping* em uma barragem de terra. Fonte: Fischer *et al.*, 2015.

c) Galgamento (*overtopping*)

O fenômeno do galgamento ocorre quando o nível d'água do reservatório se eleva além da cota da crista da barragem. Em barragens de terra, esse processo provoca a erosão do material do maciço, podendo leva-lo a ruptura, enquanto que em barragens de concreto o aumento do nível d'água provoca uma sobrecarga na estrutura, podendo ocorrer a sua falha.

Geralmente o processo de galgamento em barragens é provocado pela ocorrência de chuvas muito intensas, nas quais a vazão produzida pelas cheias é superior à capacidade do sistema extravasor, ou ainda pela ruptura de outra barragem a montante, de modo que o barramento é incapaz de amortecer todo volume de material advindo de montante, o que pode provocar uma ruptura em cascata (ANA, 2012). Outra causa é a ruptura de taludes naturais nas margens do reservatório, que podem gerar ondas de grande porte que ultrapassam a cota do coroamento (ABGE, 1998).



Figura 19: Evolução de um processo de galgamento. Fonte: Adaptado de Hanson *et al.*, 2005, *apud* Altinakar *et al.*, 2011.

d) Liquefação

O fenômeno da liquefação ocorre em solos arenosos no estado solto e saturados, e consiste na perda de resistência devido a um aumento significativo das poropressões em condições não drenadas.

Está associado à ocorrência de carregamentos rápidos, estáticos ou dinâmicos, sem que haja tempo para que a água presente entre os grãos seja drenada. Assim, as poropressões podem se tornar tão elevadas que a pressão de contato entre os grãos se perde, reduzindo a resistência do solo (Casagrande, 1976).

Esse modo de falha em barragens é típico das estruturas alteadas pelo método de montante, já que o peso dos maciços de cada alteamento é suportado pela

porção arenosa dos rejeitos, e em casos extremos a massa de solo pode mudar abruptamente do estado sólido para o liquefeito.

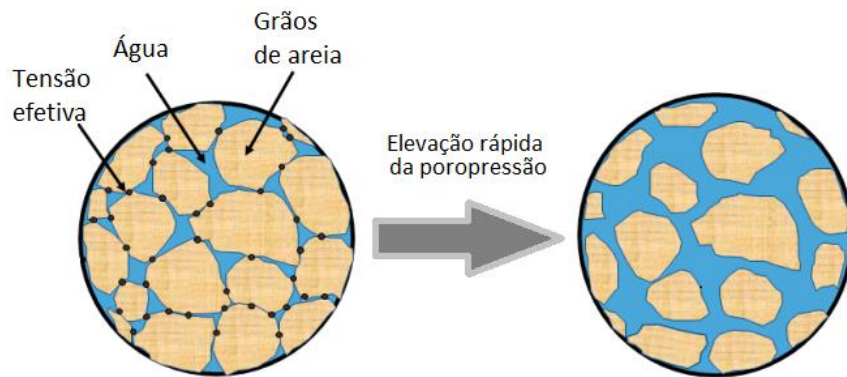


Figura 20: Esquema do processo de liquefação em um solo arenoso. Fonte: Adaptado de Araujo e Ledezma, 2020.



Figura 21: Sequência do processo de ruptura por liquefação da Barragem B1. Fonte: Adaptado de MPMG, 2020.

e) Falhas em Barragens de concreto

Os modos de falha das barragens de concreto podem ter relação tanto com os esforços externos que atuam na estrutura quanto com a resistência dos materiais que compõem a barragem e a fundação.

As pressões hidrostáticas que atuam na barragem devido à água do reservatório podem levar à falha global da estrutura ou de suas partes, que se movimentam como um corpo rígido. Pode ocorrer um movimento de translação ao longo da fundação (deslizamento) ou uma rotação da estrutura em relação ao ponto de contato entre o pé da estrutura e a fundação (tombamento). Pode ocorrer também a perda de resistência do contato entre a estrutura e a fundação devido às forças de subpressão que atuam verticalmente na base da barragem (Flutuação) (Possan *et al.*, [201-]).

Também pode ocorrer a falha local em um ponto qualquer da estrutura ou da sua fundação devido à ação de tensões excessivas, que superam a resistência do concreto ou do material de fundação (Pires *et al.*, 2019).



Figura 22: tipos de falha global em barragens de concreto. Fonte: Ketzer e Schäffer, 2010, *apud* Possan, [201-].

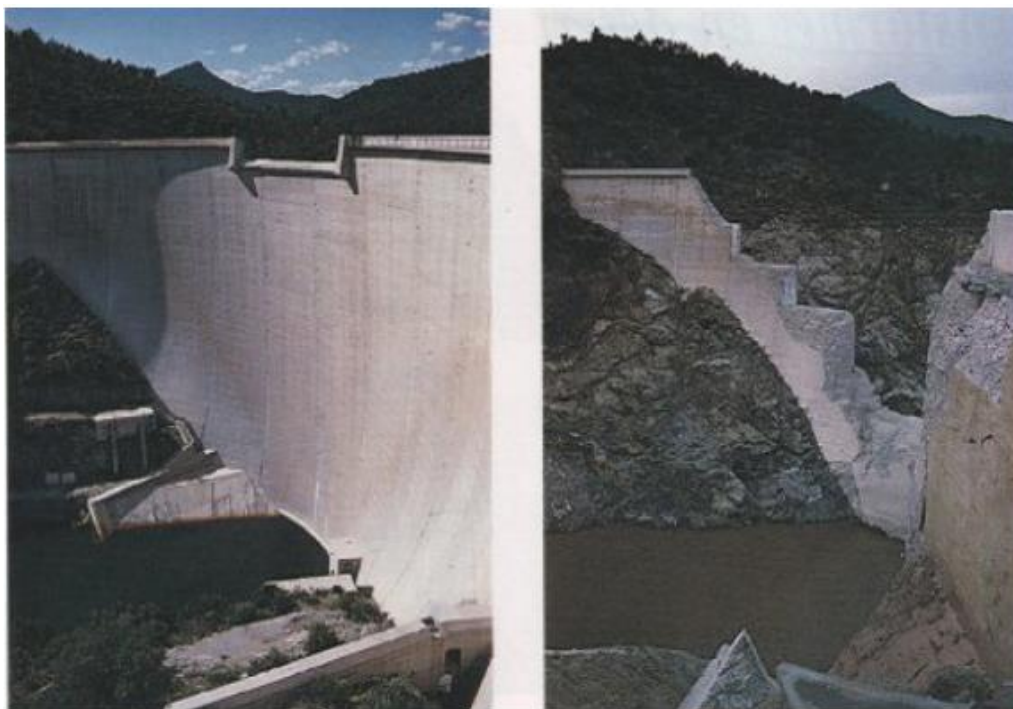


Figura 23: Falha estrutural de uma barragem de concreto, vista antes e depois da ruptura.
Fonte: Bruel, 2016.

3.5 Principais anomalias encontradas em barragens

Esta seção apresenta um guia para identificação das principais anomalias que podem ser encontradas durante a execução de inspeções visuais nos diferentes tipos de barragens, assim como suas causas e consequências para a integridade das estruturas.

3.5.1 Barragens de terra e enrocamento

- Movimentações de massa

A ocorrência de movimentações no maciço de barragens de terra ou enrocamento pode estar associada a diversas causas, que se refletem em diferentes anomalias.

O desalinhamento da crista está associado a deformações excessivas na estrutura ou a ocorrência de uma ruptura próxima à região desalinhada, enquanto depressões na crista podem indicar a ocorrência de assentamento excessivo do material do maciço ou da fundação, devido ao peso da estrutura.

Caso sejam identificados abatimentos ou depressões nos taludes, é um indicativo de que ocorreu um deslizamento de parte do material do talude. Geralmente, as rupturas em massas de solo ocorrem ao longo de uma superfície circular bem definida, e é possível observar a formação de um degrau de

abatimento no topo e uma ascensão do solo no pé dessa superfície. Nesse caso, deve ser avaliado se a ruptura compromete a estabilidade global da barragem.



Figura 24: Indício de movimentação de massa no talude de montante da barragem. Fonte: Acervo Feam.

- Trincas e fissuras

A ocorrência de trincas e fissuras no maciço, seja na crista, bermas ou taludes, geralmente está associada a movimentações dos materiais que compõe o maciço, devido a recalques diferenciais de materiais com deformabilidades diferentes ou à falha de uma porção da fundação, caso a sua capacidade de carga tenha sido superada.

As trincas podem ocorrer nas direções transversal ou longitudinal em relação ao eixo da barragem, dependendo do sentido das movimentações no maciço. Essas anomalias podem conduzir água superficial para dentro do maciço, provocando a sua saturação, ou se tornarem caminhos preferenciais para a percolação de água, facilitando a ocorrência de erosão interna.

Podem ocorrer também trincas por ressecamento (retração) do solo superficial, devido à exposição ao sol e calor, caso não exista cobertura vegetal. Estas geralmente alcançam baixas profundidades e não representam risco estrutural para a barragem se tratadas rapidamente.



Figura 25: Trincas no talude do maciço de uma barragem de terra. Fonte: Acervo Feam.



Figura 26: Fissuras por ressecamento na superfície do maciço. Fonte: Acervo Feam.

- Erosão superficial

As erosões na superfície do maciço ocorrem devido ao carreamento de partículas do solo superficial pela água da chuva ou pela ação das ondas, no caso do talude de montante, e geralmente ocorrem em pontos de falha da proteção na superfície (vegetação ou rip-rap). Também podem se formar como resultado do galgamento da barragem.

No estágio inicial, são formados sulcos de pequena dimensão, que se não forem tratados podem evoluir para cavidades mais profundas, deteriorando o maciço e comprometendo a segurança da estrutura.



Figura 27: Sulcos erosivos em estágio inicial de desenvolvimento. Fonte: Acervo Feam.



Figura 28: Cavidades erosivas em estágio avançado de desenvolvimento. Fonte: Acervo Feam.

- Acúmulo de água na superfície

O acúmulo de água na superfície da barragem, seja na crista ou nos taludes, está relacionado à existência de alguma inconformidade na superfície do maciço, seja pela passagem de veículos ou animais de grande porte, pelo processo de compactação do solo durante a construção da estrutura, ou por falhas no sistema de drenagem superficial.

Esse acúmulo de água pode provocar a saturação de algumas porções do maciço, diminuindo a sua estabilidade.



Figura 29: Acúmulo de água na superfície de barragens de terra na crista (a) e no talude de jusante (b). Fonte: Acervo Feam.

- Saturação superficial

A saturação na superfície do talude de jusante pode ser um indicativo do aumento do nível freático no maciço, o que pode estar relacionado a uma falha no direcionamento das águas do tapete drenante para o dreno de pé, ao afogamento do dreno de pé, ou à ocorrência de chuvas fortes.

Um indício da ocorrência desse fenômeno é a diferença na coloração ou no tamanho das folhas em uma porção da proteção vegetal do maciço, em relação ao seu entorno, principalmente em períodos secos.



Figura 30: Indício de saturação na superfície do maciço, evidenciada pela diferença na coloração da vegetação mais próxima ao pé do talude.



Figura 31: Saturação superficial no maciço. Fonte Acervo Feam.

- Surgências

A ocorrência de surgências de água na superfície do talude de jusante ou no contato do maciço com as ombreiras ou a fundação está associada à existência de um caminho preferencial de percolação no interior do maciço (trincas, contatos entre materiais com permeabilidades diferentes, tocas de animais ou formigueiros). Surgências no pé ou a jusante do maciço também são um indicativo de percolação descontrolada de água pela fundação. Caso não seja tratado, o aumento do fluxo de água pode levar à erosão do maciço e consequente ruptura da barragem.

Observa-se ainda que a água que aflora na superfície não necessariamente vem do reservatório da barragem, podendo estar associada à existência de alguma nascente no terreno natural próximo à estrutura ou à ocorrência recente de chuvas fortes.



Figura 32: Surgência a jusante do pé de uma barragem de terra. Fonte: Acervo Feam.



Figura 33: Surgência tratada no talude de uma barragem de terra. Fonte: Acervo Feam.

- Carreamento de partículas

Caso a água que sai da drenagem interna da barragem ou de alguma surgência apresente turbidez ou aspecto “barrento”, é um indicativo de que a água abriu ou encontrou alguma passagem pelo interior do maciço, e está carreando as partículas de solo.

Nesse caso, o processo descontrolado de carreamento de material pode evoluir para formação de erosão interna (*pipping*), levando a barragem à ruptura.

- Ação de ferro-bactérias

Caso a água que sai da drenagem interna apresente coloides em suspensão ou um brilho com aspecto oleoso, é um indicativo da presença de ferro-bactérias.

A ação desse agente biológico pode levar à formação de crosta de material endurecido nos vazios do sistema de drenagem, provocando a colmatagem (entupimento) dos drenos, o que pode levar ao aumento do nível d'água e das poropressões no interior do maciço.



Figura 34: Ação de ferro-bactérias na bacia do dreno de fundo. Fonte: Acervo Feam.

- Anomalias na proteção vegetal:

A presença de vegetação descontrolada na superfície do maciço está associada à falta de atividades de manutenção na estrutura. No caso da vegetação gramínea de proteção dos taludes, seu crescimento excessivo pode dificultar a inspeção visual e esconder a existência de outras anomalias na barragem, como trincas e cavidades erosivas.

Pontos isolados com grama mais alta ou com a presença de vegetação pteridófito (samambaias, cavalinhas, entre outras) podem ser um indicativo de saturação do solo.

Já a presença de vegetação com raízes profundas (árvores ou alguns tipos de arbustos) pode criar caminhos preferenciais para a passagem de água pelo interior do maciço, levando à ocorrência de erosão interna em casos mais graves.

No caso de falhas na proteção vegetal, as regiões desprotegidas dos taludes ficam mais expostas às ações dos processos erosivos, facilitando a ocorrência de sulcos, ravinamentos ou deslizamentos.

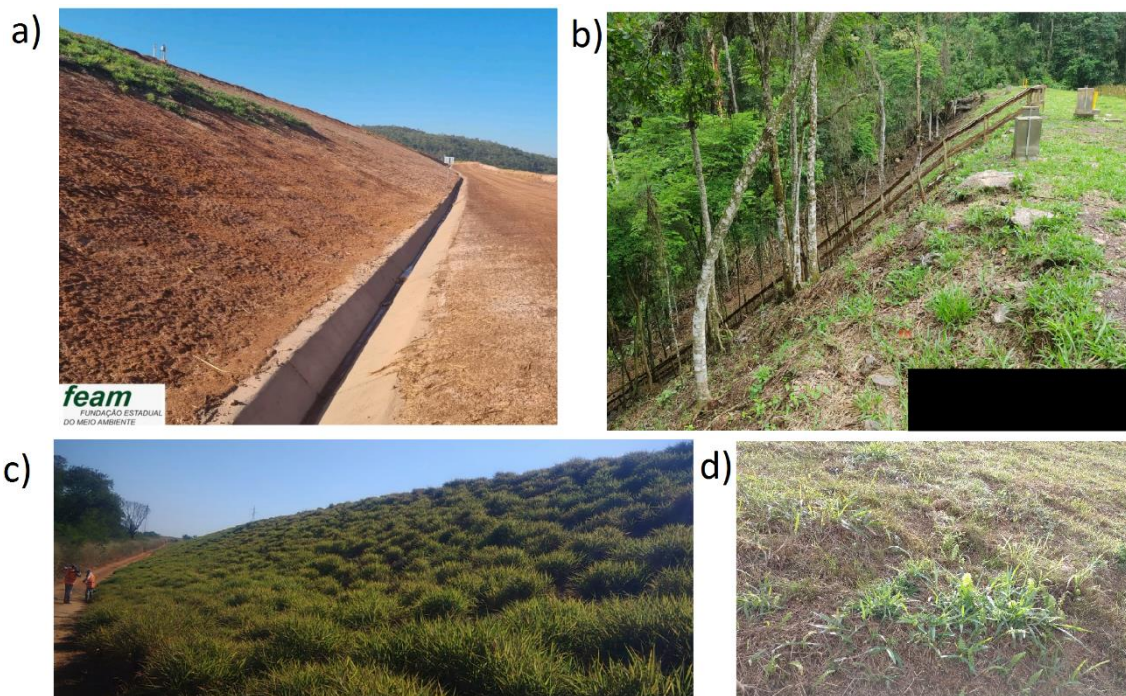


Figura 35: Principais anomalias na proteção vegetal de barragens de terra. a) falha no preenchimento da vegetação; b) árvores de grande porte no talude de jusante; c) vegetação alta, dificultando a inspeção do talude; d) crescimento de vegetação pteridófitas no talude, indicando alta umidade do solo. Fonte: Acervo Feam.

- Atividades de animais

A atividade de animais nas barragens também está associada à falta de atividades de manutenção.

No caso de insetos e animais de pequeno porte, a presença de tocas, formigueiros ou cupinzeiros criam passagens da água superficial para dentro do maciço, provocando a saturação do solo e diminuindo a sua resistência. Também podem ser criados caminhos preferenciais para a percolação de água no interior do maciço, facilitando a ocorrência de erosão interna.

No caso de animais de grande porte, como equinos e bovinos, sua passagem pela superfície da barragem pode criar áreas sem proteção contra erosão, além de pontos de acúmulo de água superficial, podendo gerar fissuras por ressecamento.



Figura 36: Atividades de animais nos maciços de barragens: a) ação intensa de formigueiros no talude de jusante; b) cupinzeiro no talude de jusante; c) toca de animal de pequeno porte; d) cavas superficiais devido ao transito de animais de grande porte. Fonte: Acervo Feam.

- Borda livre insuficiente

Uma borda pode ser considerada insuficiente quando o espelho d'água encontra-se muito próximo da crista da barragem, o que geralmente está associado a um desempenho insatisfatório do sistema extravasor.

Uma borda livre insuficiente pode levar ao risco de galgamento da barragem no caso da ocorrência de chuvas extremas ou de ondas devido à ação de ventos intensos, comprometendo a segurança da estrutura.

A borda livre mínima deve ser determinada em projeto, e varia com as dimensões da barragem e do reservatório, assim como a ação dos ventos no local. Entretanto, diversas bibliografias recomendam que seu valor nunca seja menor do que 1,0 metro.

- Sistema de impermeabilização danificado

Para barragens cuja natureza dos rejeitos ou resíduos implique na necessidade de impermeabilização do reservatório, deve ser avaliada a integridade do sistema de impermeabilização.

No caso de impermeabilização por lona ou mantas sintéticas, a existência de falhas na soldagem, rasgos ou falhas no sistema de ancoragem pode facilitar a infiltração dos resíduos no solo.

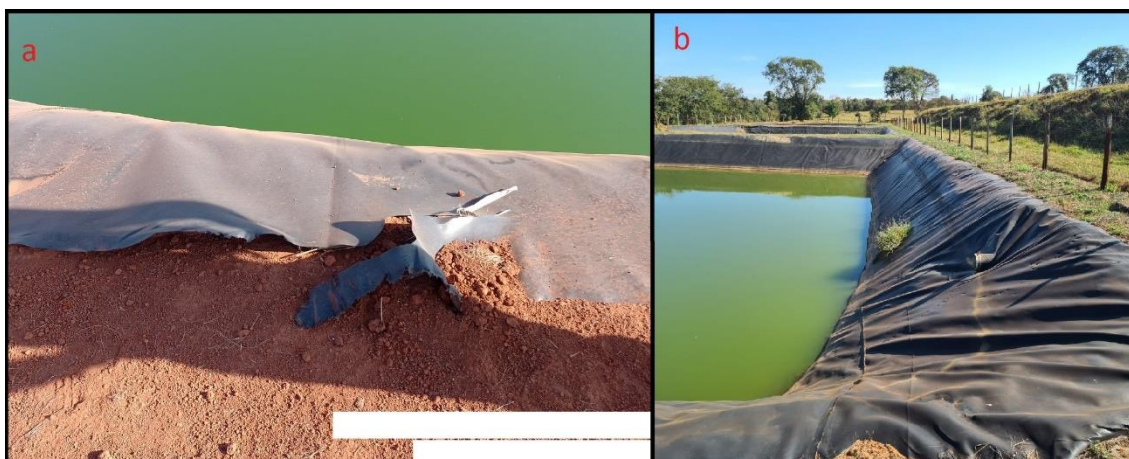


Figura 37: Anomalias na manta de impermeabilização. a) Falha na ancoragem, b) Rasgo na manta com crescimento de vegetação. Fonte: Acervo feam.

3.5.2 Barragens de concreto

- Fissuras ou trincas

As fissuras ou trincas surge quando as tensões de tração que atuam na estrutura superam a resistência do concreto, e estão associadas a diversas causas, entre as quais destacam-se:

- Retração por secagem, devido a ineficiência das juntas de dilatação ou cura insatisfatória. Gera trincas mais finas se o concreto for armado;
- Corrosão da armadura (ferragem), devido a cobertura insuficiente ou a ação de cloretos. A fissuração ocorre inicialmente ao longo das barras, levando ao deslocamento do concreto a longo prazo;
- Reação álcali agregado, associada à utilização de agregados (brita) reativos, provocando a expansão do concreto com fissuras do tipo “pele de crocodilo”;
- Falha estrutural do concreto devido ao carregamento;
- Recalques diferenciais na fundação, geralmente gerando trincas transversais na crista;
- Passagem de veículos, gerando fissuras ou abrasão superficiais na crista devido ao tráfego excessivo.

Caso não sejam tratadas, as fissuras podem provocar a perda de água do reservatório por infiltração, a deterioração do concreto e das armaduras, ou o tombamento de partes da estrutura, comprometendo a segurança da barragem.



Figura 38: Fissuras por retração e abrasão na superfície da crista. Fonte: Acervo Feam.



Figura 39: Fissuras no paramento provocadas por reação álcali agregado. Fonte: Cardia e Kuperman, [201-].



Figura 40: Surgência através de uma fissura no paramento. Fonte: Acervo Feam.

- Deslocamento

O deslocamento de pequenos blocos ou lascas de concreto na superfície da estrutura pode ocorrer devido a deslocamentos diferenciais nas juntas de dilatação ou a uma concentração de tensões no local. Caso não seja tratado, pode levar à deterioração da armadura (ferragem), comprometendo a integridade estrutural da barragem.



Figura 41: Deslocamento no concreto do paramento. Fonte: Tata & Howard, [201-].

- Lixiviação

A lixiviação do concreto consiste na dissolução dos compostos do cimento endurecido, devido à ação contínua da percolação de água.

O principal sintoma é a ocorrência de eflorescências (manchas esbranquiçadas, pontuais ou lineares) na superfície do concreto, devido à dissolução do hidróxido de cálcio, que sofre uma reação de carbonatação com o gás carbônico do ar que entra pelos poros do concreto. Se o processo se desenvolve ao longo do tempo, podem se formar estalactites e estalagmites na superfície do concreto.

O desenvolvimento da carbonatação deve ser monitorado constantemente, já que se o processo atingir a profundidade da armadura do concreto a diminuição do pH deixa o aço mais exposto aos processos de corrosão. Eflorescências avermelhadas são um indicativo de ocorrência de corrosão das armaduras.

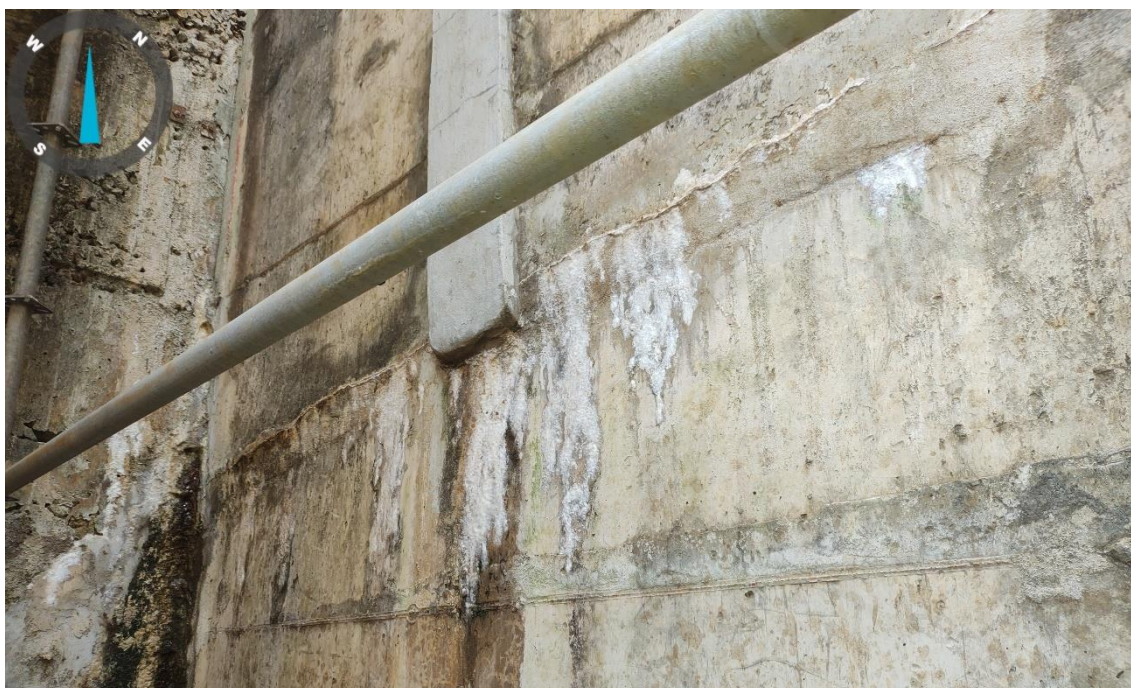


Figura 42: Ocorrência de carbonatação no paramento de uma barragem de concreto. Fonte: Acervo Feam.

- Juntas de dilatação

A ocorrência de aberturas excessivas nas juntas de dilatação está associada a variações na temperatura ambiente, a deslocamentos devidos a deformações diferenciais na fundação ou a falhas na construção da barragem. As principais consequências são a perda de água do reservatório no caso de uma infiltração ou até mesmo a perda de estabilidade da estrutura.



Figura 43: Monitoramento de uma junta na estrutura de concreto. Fonte: Acervo Feam.

3.5.3 Anomalias nos elementos construtivos da barragem

- Acesso e sinalização da barragem.

As vias de acesso à estrutura devem estar limpas e bem conservadas, pois caso contrário o trânsito de pessoas e equipamentos pode ser dificultado ou impossibilitado nos casos de necessidade de manutenção ou situações emergenciais. As placas de identificação da barragem, dos instrumentos de monitoramento e das rotas de fuga também devem estar bem conservadas para garantir a boa operacionalidade da estrutura.



Figura 44: trilha de acesso à barragem em maus condições de circulação (a) e placa de sinalização tombada (b).

- Fissuras ou trincas

Os elementos construtivos feitos de concreto, como as canaletas de drenagem superficial e os vertedouros, estão sujeitas à abertura de trincas devido à ação de tensões excessivas ou à ocorrência de deformações diferenciais no maciço, no caso de barragens de terra. Essas anomalias podem gerar turbulências no fluxo de água, e representam caminhos para a infiltração no maciço, podendo provocar erosão superficial ou interna.

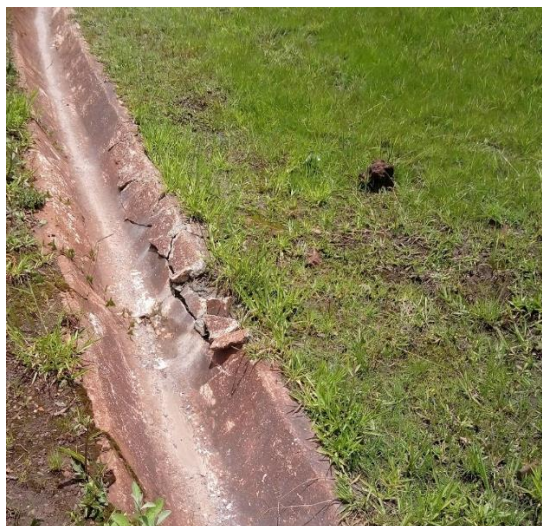


Figura 45: Canaleta de drenagem superficial deteriorada. Fonte: Acervo Feam.



Figura 46: Parede externa do extravasor deteriorada. Fonte: Acervo Feam.

- Erosão no contato do maciço com os dispositivos de drenagem

Nas barragens de terra, caso o maciço se apresente erodido na região de contato com os dispositivos de drenagem (canaletas, escadas, vertedores, entre outros), pode ocorrer infiltração da água de chuva na região erodida, gerando um caminho preferencial de percolação no interior do maciço.



Figura 47: Contato erodido entre o maciço e a canaleta de drenagem. Fonte: Acervo Feam.

- Abertura das juntas de dilatação

As juntas de dilatação das estruturas de drenagem feitas de concreto podem apresentar uma abertura excessiva devido a deformações do maciço, a falhas na construção ou a deterioração do material ao longo do tempo. Seus possíveis efeitos na barragem são semelhantes aos das trincas.



Figura 48: Junta de dilatação com abertura excessiva, com ocorrência de surgência de água. Fonte: Acervo Feam.

- Obstrução dos dispositivos de drenagem

Os dispositivos de drenagem construídos em concreto podem ser obstruídos, total ou parcialmente, devido à queda de massas de solo, blocos de rocha, ou ao acúmulo de galhos e restos de vegetação no seu interior. Essas obstruções reduzem a capacidade de escoamento dos sistemas de drenagem, e comprometem o seu funcionamento em períodos de chuvas mais intensas.

Em vertedouros ou canaletas escavados sem revestimento, a erosão das paredes ou da soleira, pela ação do fluxo da água, também pode provocar a obstrução do canal.



Figura 49: Obstrução dos dispositivos de drenagem: a) caixa de passagem e b) canaleta. Fonte: Acervo Feam.

- Abrasão e cavitação

A cobertura de concreto dos vertedouros e canaletas pode ser desgastada pela ação do fluxo da água, seja pela velocidade do fluxo ou pela ação de partículas sólidas transportadas pela água. Nesse caso, a superfície de concreto fica com um aspecto áspero, e a vida útil da peça é diminuída.

Caso o fluxo de água atinja velocidades altas o suficiente para entrar em um regime turbulento, passa a ocorrer o fenômeno da cavitação, no qual pequenas bolhas de vácuo produzem ondas de choque na superfície do concreto, que fica com um aspecto rugoso. Podem ser gerados grandes cavidades no concreto se os agregados forem arrancados, e a extensão dos danos depende da severidade e do tempo de exposição da estrutura às ações erosivas. Em casos mais graves, o sistema de drenagem deve ser substituído.



Figura 50: Ocorrência de cavitação no canal do vertedor. Fonte: Acervo Feam.

- Deterioração da instrumentação

Os instrumentos de monitoramento podem ser danificados pela passagem de animais de grande porte pela barragem, ou podem se deteriorar pela ação do tempo. Em ambos os casos, o monitoramento das condições geotécnicas e hidráulicas em subsuperfície, que não podem ser avaliadas na inspeção visual, é prejudicado.



Figura 51: Deterioração na instrumentação de barragens: a) instrumento sem identificação e coberto por vegetação; b) instrumento em mau estado de conservação. Fonte: Acervo Feam.

DA FISCALIZAÇÃO

4. PROCEDIMENTOS DA FISCALIZAÇÃO

Uma preparação adequada para as atividades de fiscalização pode facilitar o trabalho do agente em campo, na identificação das feições estruturais e geotécnicas que merecem maior atenção na barragem vistoriada. Nesse sentido, este Capítulo traz recomendações acerca dos procedimentos preparatórios para a execução de fiscalizações de rotina em barragens.

4.1 Documentos a serem consultados antes das vistorias

Antes da execução das vistorias em barragens, é interessante que os agentes fiscalizadores tenham um conhecimento prévio acerca das características da estrutura a ser vistoriada, bem como do histórico de anomalias, patologias ou acidentes que possam ter ocorrido ao longo da sua vida útil.

Assim, recomenda-se a consulta aos seguintes documentos e informações antes da execução das vistorias:

a) Cadastro da estrutura no Sigibar

O [Sistema de Informações de Gerenciamento de Barragens – Sigibar](#) é uma plataforma online que visa subsidiar a gestão ambiental de barragens do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, nos termos da PESB.

As seguintes informações podem ser encontradas no extrato do cadastro da barragem:

- As informações básicas sobre o empreendedor: razão social, CNPJ e município;
- Finalidade da barragem;
- Material de construção, material de fundação e método construtivo do maciço;
- Dimensões atuais e finais do maciço;
- Data de início e fim das operações, bem como a situação operacional da barragem;
- Bacia hidrográfica, coordenadas geográficas do ponto central da crista e municípios abrangidos pela estrutura;
- Dados do responsável técnico e do auditor da barragem;
- Classificação, conforme o art. 5º do Decreto nº 48.140/2021;
- O arquivo digital da mancha de inundação;
- Arquivos eletrônicos da licença ambiental da barragem;
- Relatório de Inspeções Semestrais – RIS;
- Relatórios de Auditoria de Segurança de Barragem.

b) Relatório de Auditoria

O relatório de auditoria representa a principal fonte de informações acerca tanto do histórico quanto da condição atual da barragem, sendo realizado periodicamente, conforme a legislação vigente.

Nesse documento, o auditor conclui expressamente sobre a condição de estabilidade da barragem e define na forma de recomendações as intervenções, ações, projetos ou estudos para a manutenção, melhoria ou obtenção da condição de estabilidade.

O conteúdo mínimo do relatório de auditoria pode ser consultado no termo de referência disponibilizado no [site eletrônico da Feam](#), destacando-se os seguintes itens:

- Identificação e dados do empreendimento, do seu representante legal e dos responsáveis pela auditoria;
- Descrição da estrutura e características técnicas da barragem;
- Sistemas de drenagem interna, drenagem externa e extravasores;
- Avaliação documental das inspeções de segurança de rotina;
- Inspeção de campo;
- Cumprimento das recomendações das auditorias anteriores;
- Nível de emergência;
- Avaliação hidrológica e hidráulica;
- Caracterização tecnológica dos resíduos/rejeitos;
- Modos de falhas;
- Análise de estabilidade;
- Auscultação;
- Carta de risco;
- Segurança operacional.

c) Relatório de Inspeção Semestral – RIS

O Relatório de Inspeção Semestral (RIS) pode ser elaborado por equipe técnica da empresa ou auditoria externa, com o objetivo de trazer informações atualizadas sobre o comportamento da barragem nos últimos seis meses.

Destaca-se que esse documento, além de apresentar uma nova avaliação da estabilidade da barragem, consolida as informações correlacionadas aos níveis e volume dos reservatórios, exigidos pela Lei 23.291/2019.

Registra-se ainda que a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) que acompanha o RIS não precisa ser elaborada por auditor independente e que, para aquelas barragens de Potencial de Dano Ambiental – PDA baixo, o RIS pode representar a informação mais atualizada da barragem para subsidiar a gestão da estrutura.

d) Documentos relativos a vistorias recentes

A consulta aos Relatórios de Vistoria e Autos de Fiscalização produzidos por outros agentes fiscalizadores permite um acompanhamento da gestão da barragem ao longo do tempo, sendo possível verificar:

- o histórico da ocorrência de anomalias;
- o cumprimento das recomendações de auditoria anteriores;
- o andamento de quaisquer intervenções realizadas na estrutura.

e) Relatórios técnicos emitidos pelo empreendedor

Os empreendedores apresentam a gestão contínua de suas barragens através de relatórios técnicos protocolados via Sistema Eletrônico de Informações – SEI, podendo ser consultadas entre outras informações:

- acionamento de nível de emergência;
- início, andamento e conclusão de obras e outras intervenções na barragem;
- acompanhamento do nível do reservatório e do volume do reservatório;
- Planos de Ação para o período chuvoso.

4.2 Comunicação prévia com o empreendedor

Apesar de não ser um requisito obrigatório para a execução de uma vistoria, é interessante que o agente fiscalizador entre em contato com o representante do empreendimento antes de vistoriar uma barragem, tendo em vista as questões relacionadas ao acesso restrito e de segurança para essas estruturas.

Assim, o agente tem a garantia de que será devidamente acompanhado durante a fiscalização por profissionais com capacidade de prestar esclarecimentos e elucidar quaisquer dúvidas que possam surgir em função das observações de campo. Além disso, os profissionais responsáveis pela barragem possuem maior conhecimento acerca dos documentos que devem ser disponibilizados aos agentes durante a vistoria, como o relatório de auditoria e o Plano de Ação de Emergência.

É aconselhável também que se acerte com antecedência a data e hora de chegada ao empreendimento, para facilitar os procedimentos de acesso, e caso o agente nunca tenha visitado a barragem anteriormente, é possível tirar dúvidas sobre como chegar ao local.

O endereço do empreendimento, bem como os contatos de e-mail e telefone dos seus representantes, pode ser consultado no cadastro da barragem no Sigibar, nos relatórios de auditoria ou nos Relatórios de Vistoria produzidos anteriormente.

4.3 Elaboração de pré-relatório

A elaboração de um pré-relatório é um procedimento recomendável para que o agente fiscalizador tenha em mãos um compilado com os principais pontos de atenção a serem conferidos durante a vistoria, e para que se tenha uma maior eficiência durante os procedimentos de registro da fiscalização.

As seguintes informações podem ser inseridas no pré-relatório:

- o endereço do empreendimento;
- os contatos de telefone e e-mail da empresa e dos seus representantes;
- os dados de cadastro da barragem, como coordenadas, dimensões e classificação, conforme a legislação vigente;
- se existe algum nível de emergência acionado para a barragem;
- as recomendações elencadas na Declaração de Condição de Estabilidade;
- a existência de alguma anomalia registrada em relatórios do empreendedor ou em fiscalizações anteriores;
- se está sendo executada alguma obra de manutenção preventiva ou corretiva na barragem.

4.4 Procedimentos de fiscalização remota

Esta seção apresenta os procedimentos que podem ser adotados no caso de, após a realização do levantamento das informações relevantes acerca da estrutura a ser fiscalizada, ser identificada uma irregularidade ou não atendimento à legislação ambiental vigente por parte do empreendedor. Essas ações podem ser executadas remotamente pelo agente fiscalizador, de forma independente ou como subsídio para a realização da inspeção visual em campo.

No âmbito da Política Estadual de Segurança de Barragens, a principal ferramenta utilizada nessa etapa da fiscalização é a conferência do cadastro da barragem no Sigibar, devendo ser avaliados os seguintes itens:

- entrega do Relatório de Auditoria e do RIS dentro do prazo estabelecido pela legislação ambiental;
- atendimento do Relatório de Auditoria e RIS ao Termo de Referência disponibilizado no site eletrônico da Feam;
- situação do credenciamento do Auditor vinculado à Barragem;
- coerência entre a Anotação de Responsabilidade Técnica - ART e os documentos apresentados;
- entrega da Declaração de Condição de Estabilidade - DCE;
- apresentação do termo de ciência do relatório de Auditoria;
- apresentação do arquivo georreferenciado da mancha de inundação e da Licença de Operação da barragem;

- cumprimento das recomendações constantes nas auditorias anteriores;
- cumprimento de exigências ou determinações do órgão ambiental, no âmbito do Programa de Gestão de Barragens.

Ressalta-se que, ao ser constatada qualquer irregularidade, deve ser avaliada a necessidade de notificar o empreendedor via Ofício ou outro documento equivalente, sendo adotadas as medidas administrativas cabíveis, como a autuação ou suspensão de atividades, com base nas disposições do Decreto nº 47.383, de 02 de março de 2018.

5. EXECUÇÃO DA FISCALIZAÇÃO

Neste Capítulo, são apresentadas recomendações acerca dos procedimentos de campo a serem executados durante as inspeções visuais em barragens.

5.1 Roteiro da fiscalização

Primeiramente, vale ressaltar que o agente fiscalizador deve prezar pela sua segurança e bem-estar durante as atividades de vistoria. Assim, recomenda-se a utilização dos seguintes itens de proteção:

- roupas apropriadas, como camisas de manga longa com proteção UV, calças compridas, calçados fechados, chapéu, etc;
- perneiras de proteção, principalmente em locais com vegetação mais alta ou com risco de ataque de animais peçonhentos;
- garrafa d'água e protetor solar, principalmente em períodos de temperaturas mais quentes;
- equipamentos de proteção no caso de estarem sendo executadas obras na barragem, como capacete, óculos ou qualquer outro item recomendado pelo empreendedor.

O trajeto a ser percorrido para a execução da vistoria depende de vários fatores, como a geometria do maciço, as condições climáticas e o condicionamento físico do agente. O importante é percorrer visualmente toda a superfície da barragem, de modo que sejam vistas todas as porções do maciço, os contatos com as ombreiras, a área imediatamente à jusante, todos os elementos construtivos e estruturas associadas. Também deverão ser verificadas as áreas adjacentes nas quais a ocorrência de patologias pode comprometer a integridade ou a operacionalidade da barragem, como os taludes em torno do reservatório, os acessos e rotas de fuga da estrutura.

É importante também que se observe a superfície a partir de diferentes perspectivas (por cima e por baixo, por exemplo), o que pode revelar anomalias que de outra forma não poderiam ter sido observadas.

Para barragens de terra, algumas sugestões de trajeto elencadas na literatura técnica são o trajeto em ziguezague em cada talude, para áreas pequenas e taludes pouco inclinados, e o trajeto paralelo ao eixo longitudinal da barragem, para taludes mais íngremes. Sempre que possível, recomenda-se que os taludes sejam percorridos de cima para baixo, para evitar o desgaste físico dos agentes.

Em barragens de enrocamento, observa-se que distorções na superfície são mais fáceis de visualizar quando examinadas de um ponto ao longe que diretamente do maciço, devido a sua superfície irregular. Assim, a crista, o contato do reservatório com o maciço, as ombreiras e o contato do maciço com

as ombreiras são locais vantajosos para se avaliar potenciais movimentos dos taludes.

Já em barragens de concreto, ou em barragens de terra ou enrocamento com taludes muito inclinados, não é possível caminhar sobre os taludes, sendo necessário fazer a vistoria a partir do pé ou da crista da estrutura, se possível.

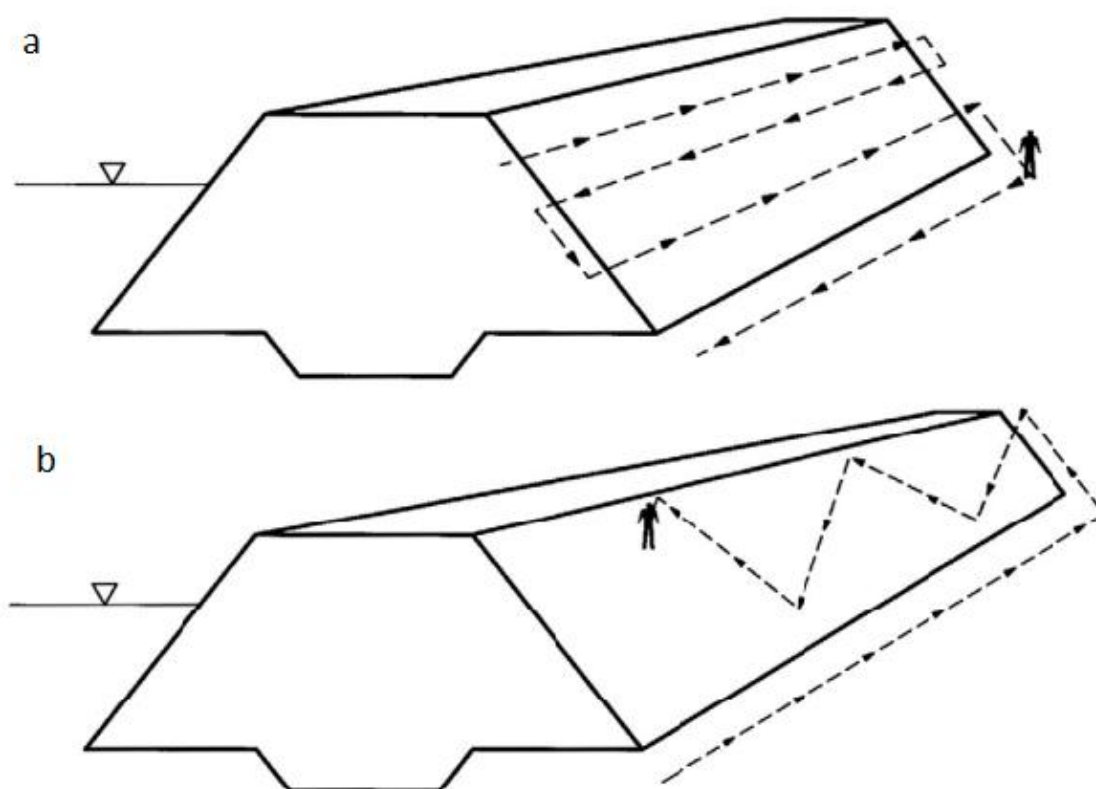


Figura 52: Esquema do trajeto longitudinal (a) e em ziguezague (b) para inspeção dos taludes.
Fonte: Adaptado de Piasentin, [201-].

Ressalta-se que o trajeto pré-estabelecido para a vistoria pode ser alterado livremente em função de dificuldades de deslocamento no maciço ou da identificação de alguma anomalia ou situação de emergência.

5.2 Registro das constatações de campo

Todas as constatações de campo das vistorias devem ser devidamente registradas pelo agente fiscalizador, para que o empreendedor seja impelido a adotar as medidas necessárias para corrigir quaisquer eventuais anomalias ou inconformidades identificadas, e o órgão fiscalizador possa fazer o acompanhamento correto da evolução da anomalia ou da sua correção.

Durante a vistoria, deve ser feito o registro fotográfico de todas as anomalias ou demais inconformidades encontradas, explicitando a sua localização. Recomenda-se que seja sempre possível se ter uma noção da escala da anomalia registrada. Assim, no enquadramento da foto pode-se utilizar instrumentos como uma caneta, prancheta ou uma pessoa próxima do local.



Figura 53: Exemplos de registro de anomalias com objetos para escala. Fonte: Acervo Feam.

É importante também que o agente esteja portando uma ficha de inspeção de barragens (check list), que deve conter minimamente os seguintes dados:

- identificação da barragem e do empreendedor;
- data e horário da inspeção;
- condições climáticas no momento da inspeção;
- registro de todas as anomalias encontradas, com a sua localização;
- espaço para registro das demais constatações de campo;

Ressalta-se que a ficha deve cobrir todos componentes do maciço e seus elementos associados, tendo listadas as anomalias encontradas e sua localização.

Deve ser feita também uma avaliação da magnitude das anomalias e seu nível de perigo, registrando a sua dimensão, se existiu evolução ao longo do tempo, e se a segurança da barragem pode ser comprometida pela anomalia a curto, médio ou longo prazo.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2016, a) em seu Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem, apresenta quadros que auxiliam na avaliação da magnitude e nível de perigo das anomalias, apresentados a seguir.

Tabela 2: Parâmetros para avaliação das anomalias em barragens de terra. Fonte: ANA, 2016, a.

Barragens de terra		
Anomalia	Insignificante/ pequena	Média/grande
Fissuras longitudinais e transversais na crista (comprimento "l" em m, abertura "a" em mm e profundidade "p" em m)	l < 5 a < 5 p < 0,2	l > 5 a > 5 p > 0,2
Afundamentos ("afd" em m)	afd < 0,3	afd > 0,3
Recalques/deslocamentos verticais ("dv" em m)	dv < 0,2	dv > 0,2
Fugas de água/vazões na fundação ("Vf" em l/min/m)	Vf < 4	Vf > 4
Erosão no pé da barragem (erosão regressiva)/Falha no rip-rap	Situação desprezável ou estabilizada	Com velocidade constante ou crescente
Desabamentos/colapsos	Muito pequenos	Perda significativa de material
Surgências no talude de jusante e áreas molhadas/Água barrenta	Só vestígios	Aparecimento de água barrenta
Deslizamentos (escorregamentos) de taludes	Muito localizados	Muito sérios, associados com a existência de zonas úmidas
Vazamento (fuga de água) na interface aterro-ombreira ("Vi" em l/min)	Vi < 10	Vi > 10

Tabela 3: Parâmetros para avaliação das anomalias em barragens de concreto. Fonte: ANA, 2016, a.

Barragens de concreto		
Anomalia	Insignificante/pequena	Média/grande
Abertura de juntas ("a" em mm)	$a < 3$	$a > 3$
Deslocamentos diferenciais de juntas ("d" em mm)	$d < 2$	$d > 2$
Fissuras verticais em diagonal (comprimento "l" em m e abertura "a" em mm)	$l < 3$ $a < 1$ Sem passagem de água	$l > 3$ $a > 1$ Com passagem de água
Infiltrações através do concreto e fissuras ("Q" em l/min)	$Q < 2$	$Q > 2$
Infiltrações através das juntas de blocos ("Q" em l/min/junta)	$Q < 20$	$Q > 20$
Vazões nos drenos de fundação ("Q" em l/min/m)	$Q < 10$	$Q > 10$
Drenos de fundação (colmatação/obstrução ou aumento das vazões)	Drenos com colmatações ou aumentos insignificantes em relação aos valores habituais na mesma época	Aumento excessivo de supressões em relação aos valores habituais na mesma época, redução do fator de segurança
Movimentos nos taludes em rochas	Movimentos desprezáveis	Movimentos com velocidade crescente
Vazamento na interface concreto-ombreiras ("Q" em l/min)	$Q < 10$	$Q > 10$

Tabela 4: Parâmetros para avaliação das anomalias nas estruturas auxiliares de barragens.
Fonte: ANA, 2016, a.

Estruturas auxiliares		
Anomalia	Insignificante/pequena	Média/grande
Fissuras (comprimento "l" em m e abertura "a" em mm)	$l < 5$ $a < 5$	$l > 5$ $a > 5$
Paredes e muros deslocados (afundamentos) ("afd" em m)	$afd < 0,3$	$afd > 0,3$
Deterioração do concreto	Só vestígios ou muito localizadas	Muito extenso
Abertura de juntas (abertura "a" em mm)	$a < 3$	$a > 3$
Infiltrações nas juntas danificadas ("Q" em l/min/junta)	$Q < 10$	$Q > 10$
Erosões no canal de restituição (profundidade "p" em m)	$p < 0,2$	$p > 0,2$
Descalçamento da estrutura ("d" em m)	$d < 0,1$	$d > 0,1$
Vazamento dentro e ao redor da estrutura ("Q" em l/min)	$Q < 10$	$Q > 10$
Carreamento de sedimentos	Só vestígios ou muito localizado	Muito extenso

Um modelo de ficha de inspeção é apresentado no Apêndice A. Ressalta-se, entretanto que o agente fiscalizador não deve se ater exclusivamente ao conteúdo da ficha durante a inspeção, devendo registrar quaisquer constatações que julgar pertinentes.

6. ATUAÇÃO EM SITUAÇÕES EMERGENCIAIS OU EXCEPCIONAIS

Além das atividades de rotina que envolvem a fiscalização de barragens para acompanhamento das estruturas ao longo do tempo, os órgãos fiscalizadores também devem estar preparados para atuarem em situações de emergência ou em casos excepcionais, como a ocorrência de anomalias devido a eventos climáticos intensos.

Nesse contexto, este Capítulo apresenta os procedimentos a serem executados pelos agentes para atuar de forma segura e eficaz no caso de uma situação emergencial ser declarada por terceiros ou observada durante uma vistoria.

6.1 Casos emergenciais declarados

Assim que uma situação de emergência é identificada pelo empreendedor, esta deve ser prontamente comunicada aos órgãos fiscalizadores, aos órgãos de defesa civil e aos entes de proteção ao patrimônio cultural, nos termos do § 3º do art. 21 do Decreto nº 48.078/2020. Além disso, a comunicação da emergência também pode ser feita por meio de denúncias da população ou por meio da imprensa.

Após averiguada a ocorrência da situação emergencial, deve ser feito um levantamento das informações relevantes acerca da área a ser vistoriada, como por exemplo:

- informações sobre a criticidade da anomalia;
- área e infraestrutura possivelmente afetada;
- condições meteorológicas no momento da emergência e no momento da fiscalização;
- mapa de inundação da barragem;
- outras instituições a serem acionadas.

Primeiramente, é importante ressaltar que, o Estado possui setores especializados para atuar em casos de emergências envolvendo barragens. Nestes casos, a atuação dos fiscais vinculados ao Programa de Gestão de Barragens tem o objetivo de auxiliar na avaliação técnica da estrutura e no planejamento das ações a serem tomadas, conforme os procedimentos descritos a seguir.

Ao chegar ao empreendimento, primeiramente vale ressaltar que o agente fiscalizador deve manter-se calmo e se certificar que tem à sua disposição todos os itens de segurança e equipamentos necessários para a execução da fiscalização da situação emergencial. É importante também que o agente preze pela sua segurança e dos demais envolvidos na fiscalização, recomendando-se

que a vistoria seja feita de um ponto seguro, que não seja afetado por um eventual agravamento repentino da emergência detectada.

A vistoria deve ser focada na avaliação dos danos provocados na estrutura pela anomalia ou patologia que provocou a situação de emergência. Deve ser feito um acompanhamento contínuo da evolução da anomalia e das ações desenvolvidas, até que o risco de colapso da barragem seja mitigado. Passada a situação de risco, deve ser feito um acompanhamento da documentação protocolada pelo empreendedor para recuperação da estrutura.

Destaca-se ainda que, a todo momento, o agente deve estar preparado para reportar o andamento da situação, assim como transmitir informações recebidas por outras entidades. Portanto, é importante que existam meios de comunicação disponíveis durante a vistoria, como sinal de telefone ou internet.

6.2 Casos emergenciais não declarados

Pode ocorrer que, durante uma vistoria de rotina, o agente fiscalizador verifique a existência de uma situação de emergência que não foi previamente declarada pelo empreendedor, como uma anomalia fora de controle ou uma deterioração avançada do maciço.

Nessas situações, assim como no caso das emergências declaradas, é importante primeiramente que o agente mantenha a calma e se desloque para um ponto seguro, para posteriormente dar início à avaliação da situação.

Deve ser feita uma avaliação dos danos provocados na barragem pela anomalia, tanto local quanto globalmente, devendo ser feito o registro fotográfico de todas as informações que o agente julgar pertinentes.

A seguir, deve ser feita imediatamente a comunicação da situação de emergência para todas as entidades competentes, para que se dê início ao planejamento das ações a serem executadas para mitigar os riscos e corrigir a anomalia.

6.3 Acompanhamento de situações excepcionais

Além dos casos emergenciais, as barragens ainda estão sujeitas, durante a sua vida útil, à ocorrência de situações excepcionais, que devem ser monitoradas pelos agentes fiscalizadores.

Particularmente no estado de Minas Gerais, as situações que merecem mais atenção são a ocorrência de precipitações intensas durante o período chuvoso, que geralmente se estende entre os meses de outubro e março, e a ocorrência de obras de descaracterização nas barragens.

Nessas situações, é importante que se faça o acompanhamento constante das ações executadas pelos empreendedores para garantir a segurança das estruturas.

Um procedimento importante a ser executado é o acompanhamento da documentação protocolada pelos empreendedores em decorrência de situações excepcionais.

Para as barragens alteadas a montante, o artigo 20 do Decreto nº 48.140/2021 determina que seja enviado semestralmente à Feam um relatório com as medidas executadas para a descaracterização.

Além disso, o agente fiscalizador pode solicitar a apresentação de outras informações que julgar necessárias, como por exemplo relatórios detalhando as ações executadas em preparação para os períodos chuvosos.

O acompanhamento das situações excepcionais também deve ser feito por meio da execução de vistorias, com foco especial nas ações realizadas pelos empreendedores durante as situações excepcionais, como por exemplo:

- verificação do andamento das obras de descaracterização;
- verificação das condições de operação das barragens e da execução das ações relatadas pelo empreendedor em preparação para períodos chuvosos;
- verificação das condições de operação das barragens após a ocorrência de precipitações extremas.

7. REGISTRO DA FISCALIZAÇÃO

Após a execução das atividades de vistoria, é necessário que se faça o registro das informações coletadas em campo e na análise documental da barragem fiscalizada. O registro dessas informações tem como principal objetivo a sua utilização como embasamento para eventuais solicitações que possam ser feitas aos empreendedores, subsidiar a aplicação de eventuais sanções e servir de material de consulta em fiscalizações futuras.

7.1 Modalidades de registro

O registro da fiscalização pode ser feito por meio dos seguintes documentos:

- Relatório de Vistoria (RV)

Documento técnico elaborado por servidores, que visa o registro das informações técnicas e administrativas coletadas durante a vistoria da barragem.

- Auto de Fiscalização (AF)

Documento cuja lavratura compete a agentes credenciados (servidores efetivos), decorrente do exercício do seu poder de polícia administrativo, que registra as constatações de campo.

7.2 Informações a serem registradas

Os documentos gerados para registro das fiscalizações devem conter, minimamente, as seguintes informações:

- Identificação do documento

- número do documento;
- data e horário da fiscalização;
- órgão responsável pela fiscalização;
- motivação e finalidade da fiscalização.

- Dados do empreendedor

- razão social;
- CNPJ;
- atividade realizada;
- endereço de correspondência.

- Dados do empreendimento
 - endereço;
 - número de telefone e endereço de e-mail do responsável técnico pela barragem;
- Descrição da barragem
 - nome e coordenadas da barragem.
 - dimensões;
 - método construtivo;
 - se possui nível de emergência acionado;
 - situação da DCE.
- Constatações da vistoria
 - estado de conservação da barragem;
 - descrição das anomalias encontradas;
 - checagem da execução das recomendações do auditor;
 - registro fotográfico.

Ressalta-se que, além do conteúdo indicado acima, qualquer observação adicional que o agente fiscalizador julgue pertinente deve ser registrada.

7.3 Reunião com o empreendedor

Como atividade final dos procedimentos de fiscalização, recomenda-se que seja realizada uma reunião com um representante do empreendimento, nos termos do §3º do art. 55 do Decreto nº 47.383/2018, que determina que *“se presente o empreendedor, seu representante legal, administrador ou empregado, ser-lhe-á fornecido acesso ao conteúdo do auto de fiscalização ou do documento equivalente, quando for possível sua lavratura no ato de fiscalização”*.

As principais finalidades da reunião de fechamento são as seguintes:

- conferência dos dados inseridos no documento gerado;
- consulta de informações pertinentes para a fiscalização que não foram verificadas durante a vistoria em campo ou na análise documental;
- listagem das inconformidades ou anomalias observadas durante a vistoria.

Ao serem elaborados os documentos de registro da fiscalização, devem ser produzidas duas vias do documento, com uma delas sendo entregue ao representante do empreendimento ao final da reunião de fechamento da fiscalização.

DA CONDUTA DO AGENTE

8. CONDUTA DO AGENTE DURANTE A FISCALIZAÇÃO

Durante os procedimentos de fiscalização, tanto em escritório quanto em campo, é imprescindível que os agentes tenham ciência de que estão representando o Estado e a sua respectiva entidade. Assim, a sua atuação deve seguir os princípios de ética e de conduta previstos para os servidores públicos, de acordo com a legislação vigente.

A não observância desses princípios pode gerar prejuízos para a execução da vistoria, podendo até tornar inviável a sua realização, ou até acarretar em sanções administrativas para os agentes, a depender da gravidade da infração cometida.

8.1 Previsão legal acerca da conduta dos agentes

No que tange à atuação dos agentes públicos no estado de Minas Gerais, os Princípios e Valores fundamentais da Conduta Ética e os deveres dos funcionários públicos são elencados, respectivamente, no art. 7º do Decreto nº 46.644/2014, que dispõe sobre o Código de Conduta Ética do Agente Público e da Alta Administração Estadual, e no art. 216 da Lei nº 869/1952, que dispõe sobre o Estatuto dos Funcionários Públicos Civis do Estado de Minas Gerais.

De modo geral, os seguintes princípios e comportamentos são desejáveis para a atuação dos agentes:

- boa fé;
- honestidade;
- dignidade;
- decoro;
- cortesia;
- discrição;
- urbanidade;
- transparência;
- respeito à dignidade da pessoa humana;
- observância das normas legais e regulamentares;
- levar ao conhecimento da autoridade superior irregularidade de que tiver ciência em razão do cargo.

As vedações e proibições aos agentes públicos são elencadas no art. 10 do Decreto nº 46.644/2014 e no art. 217 da Lei nº 869/1952. Entre elas, aplicam-se à atuação nas fiscalizações:

- utilizar-se de cargo, emprego ou função, de facilidades, amizades, posição e influências para obter favorecimento para si ou para outrem;

- deixar de utilizar conhecimentos, avanços técnicos e científicos ao seu alcance no desenvolvimento de suas atividades;
- permitir que perseguições, simpatias, antipatias, caprichos, paixões ou interesses de ordem pessoal interfiram no trato com o público ou com colegas hierarquicamente superiores ou inferiores;
- pleitear, solicitar, provocar, sugerir ou receber ajuda financeira, gratificação, prêmio, comissão, doação ou vantagem, para si ou outra pessoa, visando ao cumprimento de sua atribuição, ou para influenciar outro servidor;
- alterar ou deturpar teor de documentos;
- apresentar-se embriagado ou drogado para prestar serviço;
- receber propinas, comissões, presentes e vantagens de qualquer espécie em razão das atribuições.

8.2 Aplicação dos princípios de ética e de conduta durante as fiscalizações

A seguir são elencadas as situações mais comuns que podem ocorrer durante os procedimentos de fiscalização, nas quais devem ser aplicados os princípios de ética e de conduta elencados neste Capítulo. Também são apresentadas recomendações acerca da maneira de proceder em cada uma dessas situações.

8.2.1 Recusa do empreendedor em permitir acesso às barragens

Caso o acesso ao empreendimento no qual se localiza a barragem seja negado pelo seu representante ou por qualquer funcionário, o agente deve ter em mente que o seu acesso irrestrito às estruturas e à documentação referente às mesmas é previsto pela legislação vigente, nos termos do art. 14 da Lei nº 23.291/2019.

Assim, recomenda-se que o agente mantenha a calma e o decoro, e de forma alguma tente forçar a sua entrada no empreendimento ou entre em conflito de qualquer tipo com os seus representantes.

Se após a apresentação da legislação e negociação o acesso continuar sendo negado, o servidor deverá comunicar o fato a sua chefia imediata, que nos termos do § 1º do art. 55 do Decreto nº 47.383/2018, poderá requisitar apoio policial para garantir a entrada no empreendimento.

8.2.2 Julgamento técnico das anomalias observadas

A menos que se trate de uma situação emergencial, de modo geral quando uma anomalia é constatada durante a vistoria da barragem, recomenda-se que esta seja citada no registro da fiscalização, sem que o agente fiscalizador faça juízo técnico acerca da severidade da anomalia ou das medidas corretivas a serem tomadas pelo empreendedor.

Essa recomendação se deve ao fato de que, na maioria dos casos, a inspeção visual da anomalia isoladamente não fornece informações suficientes para que o técnico avalie a sua real extensão, suas causas e os potenciais danos decorrentes do seu agravamento. Assim, os estudos necessários para correção das inconformidades e a execução das ações corretivas por parte do empreendedor devem ser solicitados posteriormente ao fechamento da fiscalização, por meio de ofício, Auto de Fiscalização ou um documento equivalente.

Vale ressaltar que, nos termos do artigo 3º da Lei 23.291/2019, o empreendedor é o responsável pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento das ações necessárias para garanti-la.

8.2.3 Divergência com o empreendedor no registro da fiscalização

No caso de divergências da parte do representante do empreendimento acerca das informações relatadas nos documentos de registro da fiscalização, recomenda-se que o agente não entre em qualquer tipo de conflito, e que mantenha registrada qualquer observação que julgar pertinente. É importante, inclusive, registrar detalhadamente o ponto de divergência e as argumentações apresentadas pelo empreendedor.

As informações relatadas não devem ser de forma alguma alteradas ou omitidas por conta de pressão ou divergência da parte do empreendedor.

No caso do representante do empreendimento se recusar a assinar e receber uma via do Relatório de Vistoria ou do Auto de Fiscalização, a ocorrência deve ser registrada no próprio documento, que será enviado posteriormente ao empreendedor e será utilizado como subsídio para aplicação das penalidades e medidas administrativas cabíveis.

Fiscalizar e demandar medidas efetivas de segurança, por parte do empreendedor, são os pilares da Gestão de Barragens desenvolvida pelo Estado.



9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos descritos neste Manual trazem uma sistematização da atuação da Feam no âmbito do seu Programa de Gestão de Barragens, visando promover a impessoalidade, a homogeneidade e a coerência nas ações de fiscalização de barragens no estado de Minas Gerais, além de trazer transparência para a sociedade e para as demais entidades envolvidas no processo de fiscalização acerca dos procedimentos adotados por esta Fundação.

Sua publicação busca também facilitar o acesso à informação para a comunidade técnica e as demais entidades fiscalizadoras, que podem adotá-lo como referência para instituir ou aprimorar seus próprios procedimentos de inspeção e gerenciamento de barragens.

Por fim, ressalta-se que este Manual será periodicamente revisado e adaptado pela Feam, à medida em que ocorre a evolução da legislação acerca da segurança de barragens e o aperfeiçoamento dos procedimentos de fiscalização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem** - Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens - Volume II. Brasília, DF: ANA. 2016. 218 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Previsão de Eventos Críticos na Bacia do Rio Paraíba do Sul, R 06 – Estudos de Ruptura de Barragens**. 2012. 113 p.

ARAUJO, W.; LEDEZMA, C. Factors That Affect Liquefaction-Induced Lateral Spreading in Large Subduction Earthquakes. **Applied Sciences**. 10(18), 6503. 21 p. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Geologia de Engenharia**. 1 ed. São Paulo: ABGE. 1998. 586 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.028: Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – Requisitos**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT. 2017. 16 p.

ASSOCIATION OF STATE DAM SAFETY OFFICIALS. **Lesson Learned: Earth and rockfill embankment dams must be stable under the full range of anticipated loading conditions**. Disponível em: <<https://damfailures.org/lessons-learned/earth-and-rockfill-embankment-dams-must-be-stable-under-the-full-range-of-anticipated-loading-conditions/>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm>. Acesso em: 25 de outubro de 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020**. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14066.htm>. Acesso em: 25 de outubro de 2022.

BRUEL, F. **La Catastrophe de Malpasset en 1959**. Disponível em: <http://www.ecolo.org/documents/documents_in_french/malpasset/malpasset.htm>. Acesso em: 11 de janeiro de 2023.

CARDIA, R. R.; KUPERMAN, S.C. MÓDULO II: Inspeção e Auscultação de Barragens - UNIDADE 1: Anomalias em Barragens. In: MEDEIROS, C.H.A.C.; FUNDAÇÃO PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU – BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Curso de segurança de barragens**. Disponível em: <https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2179/2/Unidade_2-modulo1.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.

CASAGRANDE, A. Liquefaction and cyclic deformation of sands - a critical review. **Harvard Soil Mechanics Series nº 88**. Harvard University, Cambridge, Massachusetts, EUA. 55 p. 1976.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS. **A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens**. Rio de Janeiro: CBDB. 2011. 524 p.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS. **Barragens de Rejeitos no Brasil**. Rio de Janeiro: CBDB. [201-]. 310 p.

CRUZ, P. T. **100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto**. 2ª edição. São Paulo/SP. Editora Oficina de textos. 2004, 648 p.

FELL, R.; FRY, J. The state of the art of assessing the likelihood of internal erosion of embankment dams, water retaining structures and their foundations. In: FELL, R.; FRY, J. **Internal Erosion of Dams and their Foundations**. Londres, GB: Taylor & Francis Group. 2007. p 1-23.

FISCHER, W.; KRZHIZHANOVSKAYA, V. V.; CAMP, T. **Detecting Erosion Events in Earth Dam and Levee Passive Seismic Data with Clustering**. 2015. 9 p. DOI: 10.1109/ICMLA.2015.9

GEOCONSULTORIA. **Barragem dos Alemães - Relatório da Auditoria Extraordinária de Segurança – FEAM - 2º Semestre 2021 – Relatório Técnico GD02-RT-12**. 2021. 102 p.

GEOHYDROTECH. **Relatório de Inspeção de Segurança Regular e Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem – Barragem Volta Grande 02 – 1º campanha de 2022**. 2022. 107 p.

HANSON, G. J.; COOK, K. R.; HUNT, S. L. (2005). **Physical modeling of overtopping erosion and breach formation of cohesive embankments**. Transactions of the ASAE, 48(5). 2005. p 1783–1794. *apud* ALTINAKAR, M. S., *et al.* **Earthen Embankment Breaching**. 2011. 17 p. DOI: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000498

JANSEN, R. B. **Advanced Dam Engineering for Design, Construction, and Rehabilitation**. Nova York, US: Springer. 1998. 811 p.

KUTZNER, C. **Earth and Rockfill Dams – Principles of Design and Construction**. 1. ed. Londres, GB: Routledge. 1997. 251 p.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 46.644, de 06 de novembro de 2014**. Dispõe sobre o Código de Conduta Ética do Agente Público e da Alta Administração Estadual. Disponível em: < http://www.codemge.com.br/wp-content/uploads/2016/08/codigo_conduta_etica-agente_publico.pdf>. Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 47.383, de 02 de março de 2018**. Estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45918>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 47.760, de 20 de novembro de 2019**. Contém o Estatuto da Fundação Estadual do Meio Ambiente e dá outra providência. Disponível em: < <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/47760/2019/?cons=1>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 48.078, de 05 de novembro de 2020**. Regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência – PAE, estabelecido no art. 9º da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/48078/2020/?cons=1>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021**. Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, estabelece medidas para aplicação do art. 29 da Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova-min.html?tipo=DEC&num=48140&comp=&ano=2021&texto=consolidado#texto>>. Acesso em: 25 de outubro de 2022.

MINAS GERAIS. **Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019**. Institui a política estadual de segurança de barragens. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/23291/2019/>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MINAS GERAIS. **Lei nº 869, de 05 de julho de 1952**. Dispõe sobre o estatuto dos funcionários públicos civis do estado de Minas Gerais. Disponível em: < <https://leisestaduais.com.br/mg/lei-ordinaria-n-869-1952-minas-gerais-dispoe-sobre-o-estatuto-dos-funcionarios-publicos-civis-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MINAS GERAIS. **Portaria FEAM nº 678, de 06 de maio de 2021**. Estabelece regras para o credenciamento de auditores para a prestação de serviços de

auditoria técnica de segurança de barragens no âmbito da Política Estadual de Segurança de Barragens e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=53740>. Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MINAS GERAIS. **Portaria FEAM nº 679, de 06 de maio de 2021**. Estabelece procedimento a ser seguido para o cadastro e classificação das barragens submetidas à Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=53884>. Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MINAS GERAIS. **Portaria FEAM nº 699, 07 de junho de 2023**. Formaliza os procedimentos do Programa de Gestão de Barragens da FEAM e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=57263>. Acesso em: 07 de junho de 2023.

MINAS GERAIS. **Resolução Conjunta Semad/Feam nº 2.784, de 21 de março de 2019**. Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/legislacao-aplicada/mg-resolucao-n-o-2-784_2019.pdf/view. Acesso em: 05 de dezembro de 2022.

MINAS GERAIS. **Resolução Conjunta Semad/Feam/IEF/Igam nº 3.181/2022, de 19 de novembro de 2022**. Estabelece diretrizes para a apresentação do Plano de Ação de Emergência das barragens abrangidas pela Lei nº 23.291, de 25 de janeiro de 2019, no âmbito das competências do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos definidas pelo Decreto nº 48.078, de 5 de novembro de 2020; determina os procedimentos a serem adotados pelos responsáveis destas barragens quando estiverem em situação de emergência e as providências a serem tomadas na hipótese de incidente, acidente ou ruptura, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56489>. Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Procedimento Investigatório Criminal nº MPMG-0090.19.000013-4**. Disponível em: https://www.mpmg.mp.br/data/files/71/E6/14/51/5D44A7109CEB34A7760849A8/Den_ncia%20VALE-TUV%20SUD%20-%20homic_dio%20e%20crime%20ambiental%20_site_.pdf. Acesso em: 09 de janeiro de 2023.

MORGENSTERN, N. R.; PRICE, V. E. The analysis of the stability of general slip surfaces. **Géotechnique**. 15, 1. p. 79-93. 1965.

PIASANTIN, C. MÓDULO II: Inspeção e Auscultação de Barragens - UNIDADE 3: Inspeções Visuais. In: MEDEIROS, C.H.A.C.; FUNDAÇÃO PARQUE

TECNOLÓGICO ITAIPU – BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Curso de segurança de barragens.** Disponível em: < https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2179/13/Unidade_3-modulo2.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.

PIRES, K. O.; BECK, A.T.; BITTENCOURT, T. N.; FUTAI, M. M. Análise de confiabilidade de barragem de concreto construída. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais.** 12, 3. p. 551 – 579. 2019.

POSSAN, E. MÓDULO I – Barragens: Aspectos Legais, Técnicos e Sócioambientais - UNIDADE 10: Barragens de Concreto. In: MEDEIROS, C.H.A.C.; FUNDAÇÃO PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU – BRASIL; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Curso de segurança de barragens.** Disponível em: < https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2179/10/Unidade_10-modulo1.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.

ROBBINS, B. A., GRIFFITHS, D. V. Internal Erosion of Embankments: A Review and Appraisal. In: ROCKY MOUNTAIN GEO-CONFERENCE, 2018, Golden/EUA. **Proceedings.** Editora ASCE. 2018. p. 61 – 75.

TATA & HOWARD. **Means Brook Reservoir Dam and Gatehouse Rehabilitation, Shelton, CT — Aquarion Water Company of Connecticut.** Disponível em: < <https://tataandhoward.com/project/means-brook-reservoir-dam-and-gatehouse-rehabilitation-shelton-ct-aquarion-water-company-of-connecticut/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2023.

WILLIAMS LAKE CONSERVATION COMPANY. **New Solution Proposed for the Water Levels Problem.** Disponível em: <<https://williamslakecc.org/2022/04/01/new-fix-for-an-old-dam/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

Apêndice A - Modelo de ficha de inspeção de barragens

ETAPA PREPARATÓRIA

Estrutura: _____ Empreendedor: _____
 Mina ou Complexo: _____ Município: _____
 Coordenadas (Graus decimais): LAT: _____ LONG: _____

RV ou AF subsidiado
 nº _____ / _____

CLASSE - Decreto 48.140/2021
 A B C D E

Categoria de Risco
 Decreto 48.140/2021
 Alto Médio Baixo
 Potencial de Dano Ambiental
 Alto Médio Baixo

Decreto 48.078/2020
 Emergência:
 Não Nível 1
 Nível 2 Nível 3

Data da inspeção
 ____/____/____
Horário de início
 ____:____

Estabilidade Atestada
 Sim Não

Ano da DCE: _____

Método construtivo:
 Montante Jusante Linha de centro Etapa Única Inconclusivo Não declarado

Número de alteamentos: _____

Finalidade: Conteção de rejeitos de mineração Conteção de rejeitos da indústria
 Conteção de sedimentos Armazenamento de água **Outro:** _____

Maciço Altura:
 Comp.: _____
 Largura: _____
 Cota: _____

Reservatório
 Área: _____
 Volume: _____

Possui drenagem interna: Sim Não
 Barra curso d'água: Sim Não
 PSB: Sim Não
 PAEBM: Sim Não Não se aplica

Em operação:
 Sim Não

CONDIÇÕES DA INSPEÇÃO

Condição climática: Tempo bom Chuvas < 12h Chuvas < 24h Chuvas < 48h **Pluviometria:** _____ mm
Acesso: Em boas condições Pavimento sem manutenção Obstrução por vegetação Inacessível

Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
A	Crista / Coroamento								
1	Erosão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Fissura / Trinca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Sem proteção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Afundamento ou buraco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Vegetação arbórea ou arbustiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Acúmulo de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Drenagem inadequada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Defeito na leira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Inclinação inadequada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Alinhamento inadequado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Pragas (insetos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Tocas de animais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Movimento de material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Vazios de ensaio / sondagem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Fezes de bovinos/equinos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Cavas (passagem de animais)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
B	Talude de montante								
1	Erosão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	Fissura / Trinca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	Proteção vegetal inadequada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	Vegetação arbórea ou arbustiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5	Rip-Rap danificado ou incompleto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6	Afundamento ou cavidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7	Inclinação inadequada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
8	Conformação inadequada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9	Pragas (insetos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10	Tocas de animais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11	Escorregamentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
C	Talude de Jusante								
1	Erosão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	Fissura / Trinca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	Proteção vegetal inadequada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	Vegetação arbórea ou arbustiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5	Afundamento ou cavidade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6	Acúmulo de água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7	Conformação inadequada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
8	Inclinação inadequada do talude	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9	Inclinação inadequada da berma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10	Pragas (insetos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11	Tocas de animais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
12	Escorregamentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
13	Erosão na ombreira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
14	Surgência	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
15	Área úmida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
16	Dolinamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
17	Vazios de ensaio / sondagem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
19	Fezes de bovinos/equinos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
18	Cavas (passagem de animais)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

<p>Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")</p>		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
D	Ombreiras								
1	Erosão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Desprendimento de blocos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Fraturamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Deslizamento / rastejo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Vegetação arbórea ou arbustiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Vegetação densa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Surgência	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Alteração no solo / rocha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Área úmida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Discordância com o maciço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

<p>Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")</p>		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
E	Reservatório								
1	Praia inadequada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Borda livre insuficiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Deslizamento nas margens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Assoreamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Animais presentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Sumidouro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Reservatório encontrava-se seco: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não									Ocorria vertimento pelo extravasor: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

<p>Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")</p>		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
F	Estruturas Auxiliares								
1	Canaletas danificadas / obstruídas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Escada descida d'água danificada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Caixa de passagem assoreada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Caixa de passagem danificada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Canal periférico danificado/ obstr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Surgência (especificar estrutura)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Erosão (especificar estrutura)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Caixa de inspeção danificada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Galeria	Trinca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		deslocamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		surgência	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		ferragem exposta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		obstrução	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		falta de manutenção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<p>Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")</p>		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
G	Dreno de Fundo								
1	Carreamento de finos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Turbidez elevada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Bacia de dissipação assoreada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Vegetação densa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Vegetação arbórea ou arbustiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Dreno afogado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	presença de ferro bactérias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Surgência	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Trinca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Erosão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ocorria fluxo pelo dreno de fundo:		<input type="checkbox"/> Sim		<input type="checkbox"/> Não					

<p>Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")</p>		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
H	Instrumentação								
1	Instrumento danificado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Instrumento sem identificação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Instrumento assoreado/obstruído	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Ina / PZ jorrante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Régua linimétrica ilegível	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Régua linimétrica não instalada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Medidor de vazão inadequado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Marco de desloc. Inadequado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

<p>Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")</p>		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
I	Sistema Extravasor								
1	Obstrução	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Descalçamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Vegetação densa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Assoreamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Erosão na interface com terreno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Trinca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Surgência	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Vedação ineficiente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Vazão comprometida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Depressão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Exposição de ferragens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Deslocamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ocorria vertimento pelo extravasor:		<input type="checkbox"/> Sim		<input type="checkbox"/> Não					

<p>Não identificado: Condição satisfatória. 1ª ocorrência: Sem ocorrência pretérita registrada. Recorrente: Ocorrência já registrada. Constante: Ocorrência em registro contínuo. Tratada: Ocorrência identificada e registrada previamente, com ação de tratamento realizada. Não inspecionado: Não houve condições para a inspeção visual (descrever motivação no quadro "Descritivo")</p>		Não Identificado	1ª ocorrência	Recorrente	Constante	Tratada	Não inspecionado	Não se aplica	Observações (localização, descrição, extensão, severidade, outras anomalias)
J	Identificação / Sinalização								
1	Placa tombada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Ausência de placa de identificação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Identificação ilegível	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Ausência de placas de rota de fuga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

SECRETARIA DE
MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO DIFERENTE
ESTADO EFICIENTE

feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE