

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO TÉCNICA PÓS-DESASTRE

Palmas, TO

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2025

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Inácio Melo

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Góis

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Tiago Antonelli

Execução

Douglas da Silva Cabral

Marcelo Ferreira da Silva

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÃO TÉCNICA

PÓS-DESASTRE

Palmas, TO

AUTORES

Douglas da Silva Cabral

Marcelo Ferreira da Silva



APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres.

Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) tem papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo foco principal é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, aprimoramento e execução de políticas direcionadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações de fomento à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação voltados aos agentes públicos e à sociedade em geral.

Assim, com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de fomentar a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações contidas no presente relatório possam ser empregadas em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Melo
Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho
Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da avaliação técnica realizada na zona rural do município de Palmas - TO, no dia 21/01/2025, em decorrência de um galgamento numa barragem de terra, após fortes chuvas ocorridas nos primeiros dias do ano de 2025. A vistoria técnica constatou a presença de patologias na estrutura que podem levá-la ao colapso total, o que é preocupante devido a existência de uma residência em risco à jusante. Esta moradia encontra-se, possivelmente, na área de atingimento, caso haja um rompimento da barragem, com consequente liberação da água contida no reservatório. Os resultados da vistoria mostram a existência de risco remanescente e sugerem a necessidade de monitoramento contínuo até que intervenções estruturais sejam executadas na estrutura na barragem.

Palavras-chave: risco geológico; prevenção de desastres; galgamento; barragem.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO	2
4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EVENTO	3
5. RESULTADOS	4
6. CONCLUSÕES	11
7. SUGESTÕES DE AÇÕES PARA MANEJO SEGURO DA ÁREA VISTORIADA	11
8. REFERÊNCIAS	12

1. INTRODUÇÃO

Em Atendimento à solicitação do Comando de Ações da Defesa Civil do Estado do Tocantins, por meio do Ofício 02/2025/CODEC, registrado no processo interno do Serviço Geológico do Brasil sob nº SEI 48035.000021/2025-11, onde foi relatado que devido a fortes chuvas ocorridas na zona rural do município de Palmas, TO, ocorreu o galgamento numa barragem de terra (Figura 01) em um pequeno afluente do Rio Tocantins, tendo gerado problemas estruturais na referida barragem. O SGB realizou uma vistoria técnica na barragem no dia 21/01/2025 e, após discussões com a Defesa Civil do Estado do Tocantins para maior entendimento do ocorrido, apresenta este relatório técnico com os resultados da avaliação e sugestões de ações a serem tomadas para preservar a segurança dos envolvidos.



Figura 01 – Galgamento da barragem no dia 03 de janeiro de 2025 (Fonte: Fornecido pela Defesa Civil Estadual do Tocantins).

Os levantamentos de campo foram realizados pelos profissionais listados no Quadro 01.

Quadro 01 - Profissionais que participaram dos levantamentos de campo.

Nome	Cargo ou função	Instituição
Douglas da Silva Cabral	Pesquisador em Geociências/Geólogo	SGB/CPRM
Marcelo Ferreira da Silva	Pesquisador em Geociências/Geólogo	SGB/CPRM
André Luís Tonaco Costa	CB QOBM Agente de Defesa Civil	Defesa Civil do Estado do Tocantins
Kalleb Luan Andrade Jorge	2º Tenente QOBM Gerente de Assistência Humanitária e Operações	Defesa Civil do Estado do Tocantins

2. OBJETIVOS

Este estudo objetiva:

- Registrar e caracterizar a estrutura da barragem afetada pelo galgamento e possíveis riscos remanescentes;
- Avaliar a existência de moradias em situação de risco, caso haja o colapso da estrutura da barragem analisada;
- Subsidiar os administradores e órgãos públicos na tomada de decisões voltadas à prevenção, mitigação e resposta a desastres.

3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO

Este trabalho pode ser utilizado para:

- Subsidiar o poder público na seleção das áreas prioritárias a serem contempladas por ações destinadas à prevenção dos desastres;
- Contribuir para a elaboração de projetos de intervenção estrutural em áreas de risco;
- Embasar a elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar a construção de sistemas de monitoramento e alerta de desastres;
- Direcionar as ações da Defesa Civil;
- Fomentar ações de fiscalização com objetivo de inibir o avanço da ocupação nas áreas de risco mapeadas e em terrenos com condições topográficas e geológicas similares.

Este trabalho não deve ser aplicado para:

- Substituir a Setorização de Áreas de Risco Geológico;
- Qualquer aplicação incompatível com a escala de elaboração (1:1.000 - 1:2.000);
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;

- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais;
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
- Substituir estudos censitários específicos para indicar o número e a característica socioeconômica dos habitantes das áreas em risco;
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas avaliadas;
- Determinar a energia, alcance e trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações.

É importante ressaltar que os resultados expostos no presente relatório representam as condições observadas no momento da visita de campo, as quais podem se alterar ao longo do tempo. Além disso, cabe enfatizar que este estudo não constitui um mapeamento das áreas de risco geológico existentes no município, mas sim uma caracterização das áreas recentemente afetadas por eventos adversos de natureza geológica, indicada pela Defesa Civil Estadual. Desta forma, não se descarta a possibilidade de existirem outras áreas de risco não incluídas neste trabalho.

4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EVENTO

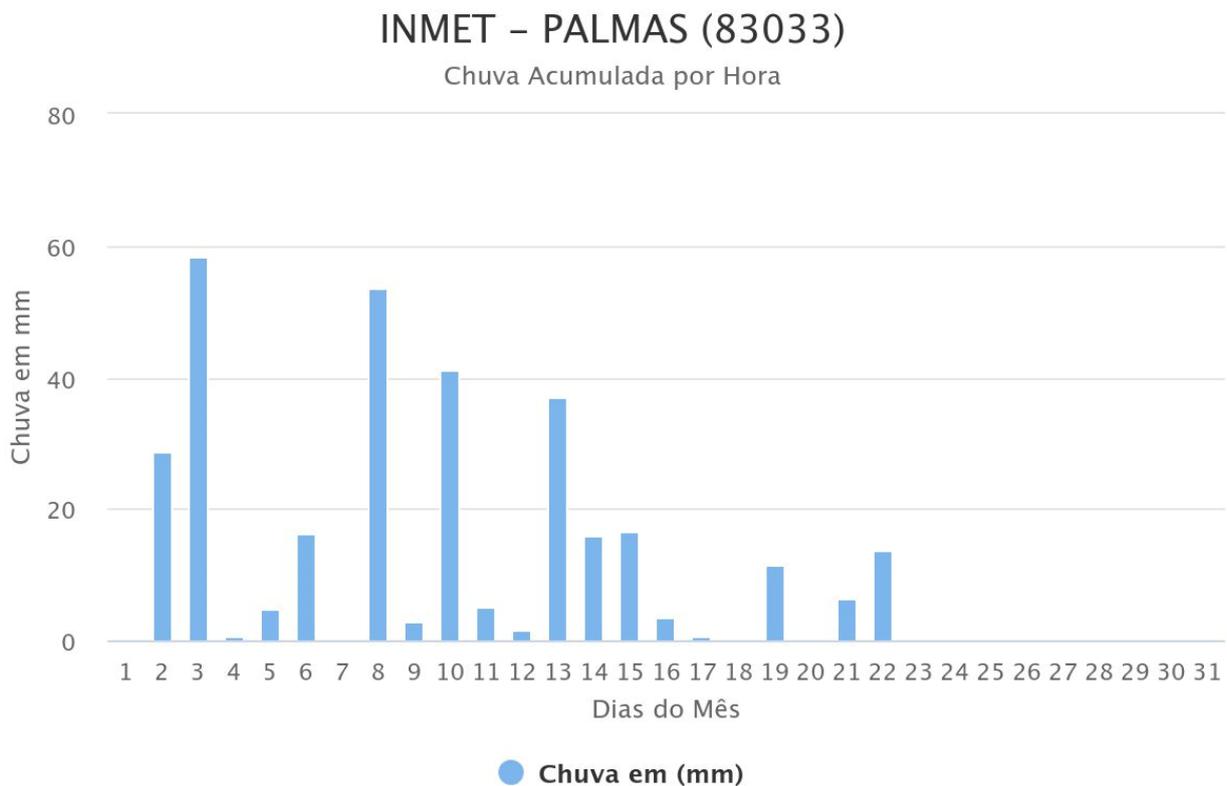
O local em questão neste estudo constitui numa barragem de terra na zona rural do município de Palmas, TO. A barragem está localizada próxima à Rodovia TO-010, na saída de Palmas em direção ao município de Lajeado (Figura 02), com as seguintes coordenadas UTM: 798258.00 m E; 8879595.00 m S, zona 22S. A referida barragem apresenta uma extensão aproximada de 90 metros de comprimento e aproximadamente 4 metros de altura no ponto mais alto da crista do talude, com um reservatório de aproximadamente 4500 m² de área.



Figura 02 – Localização da barragem avaliada em relação ao município de Palmas, TO (Google Earth, 01/2025).

Segundo apurado junto à Defesa Civil Estadual, no dia 03 de janeiro de 2025, após o registro de fortes chuvas ocorridas ao longo dos dias 02 e 03 na região, houve o extravasamento das águas do reservatório, caracterizando um galgamento (*overtopping*), ou seja, o nível d'água no reservatório se elevou além da cota da crista da barragem, o que teria gerado problemas estruturais na barragem.

Segundo o INMET, a Estação Meteorológica de Palmas registou chuvas acumuladas nesses dois dias próximas a 90mm, valor elevado, mas coerente com chuvas registradas nos anos anteriores para a região. O acumulado diário das chuvas entre os dias 01 e 22 de janeiro de 2025 pode ser conferido na Figura 03. Na mesma figura é verificado que os dias 08, 10 e 13 de janeiro também apresentaram grandes volumes de chuvas, pós o galgamento da barragem.



Highcharts.com

Figura 03 - Precipitação acumulada entre os dias 01/01/2025 e 22/01/2025, com registro de 87 mm acumulados nos dias 02 e 03 de janeiro de 2025 – Estação INMET Palmas (INMET, 2025).

5. RESULTADOS

Dentro deste contexto de chuvas fortes e concentradas e do galgamento da barragem, com possíveis danos a estrutura do empreendimento, a Defesa Civil Estadual acompanhou a equipe do Serviço Geológico do Brasil numa vistoria técnica ao local. Nesta visita foram verificadas as condições atuais da barragem, bem como providências que foram tomadas desde o evento do dia 03 de janeiro de 2025.

Primeiramente, foi constatada que a barragem apresentou um grande deslizamento a jusante pós galgamento, com formação de escarpa, diminuindo a largura da contenção para aproximadamente a metade da dimensão original, conforme visto na Figura 04. Também na Figura 04 é possível notar que além da área colapsada, houve um processo erosivo intenso no paramento a jusante, na porção leste da barragem, mais

próxima a ombreira leste. Estas avarias diminuem claramente o fator de segurança da estrutura.



Figura 04 – Porção da barragem afetada pelo galgamento (Fonte: SGB).

Adicionalmente a esta condição foi verificado a presença de água na base imediatamente a jusante da barragem (Figura 05), potencializando a ocorrência de processos de erosão regressiva (*pipping*), muito provavelmente pela falta de filtros e drenos. Se a barragem possuía filtros de pé, estes foram destruídos com a deterioração da estrutura, pois no local não foi possível visualizar a existência de nenhum tipo de filtro ou dreno.

Por fim, a existência de fissuras e trincas em direção longitudinal/diagonal ao alinhamento da barragem (Figura 06) sugere maiores danos estruturais à porção que resistiu ao galgamento. Essas feições foram identificadas logo após o evento chuvoso pela Defesa Civil e atualmente apresentam-se encobertas por um volume de solo que foi retirado da barragem para abertura de um canal na ombreira oeste e colocado sobre a fissura. Desta forma, não foi possível verificar se houve avanço no tamanho e na abertura destas fissuras desde o dia 03 de janeiro.

A presença dessas discontinuidades pode indicar recalques diferenciais, trações devidas a recalques excessivos e deformações laterais, que são preocupantes para o mantimento da estabilidade da barragem. Além disso, elas permitem uma maior percolação de água no maciço, acelerando o processo de desestabilização e potencializando o risco a colapso por deslizamento da estrutura.

A vistoria mostrou ainda que medidas visando aumentar a segurança da estrutura foram tomadas desde o evento do dia 03 de janeiro. Estas medidas envolveram a abertura de dois canais (vertedouros) (Figura

07) para rebaixar o nível d'água do reservatório, sendo um em cada ombreira. O canal aberto na ombreira leste é menos profundo e aparenta ter tido pouca eficácia, ou mesmo, ficou como sobressalente, já que foi aberto na ombreira oeste um outro canal. Este último mais profundo e largo, permitindo o escoamento de grande volume de água e mantendo o nível do reservatório bem abaixo do original (Figura 08) antes do evento chuvoso. O canal da ombreira oeste mostrava-se atuante durante a vistoria técnica, escoando a água de forma eficiente, mas com taludes verticais (Figura 05) que geram preocupação, pois numa situação de deslizamentos podem obstruir total ou parcialmente a passagem da água.

A barragem apresentava estruturas extravasadoras (vertedouros) (Figura 09), mas possivelmente estavam subdimensionadas para eventos de chuvas extremas, encontravam-se obstruídos ou se posicionavam muito próximas à crista da barragem, fato é que não foram suficientes para evitar o galgamento do reservatório.

É recomendado que o nível d'água não ultrapasse 1 metro abaixo do ponto mais baixo da crista. Quando esta condição não é seguida tem-se um rebaixamento do fator de segurança da barragem. Não sendo, para a engenharia, aceitável que uma barragem sofra um galgamento, como o ocorrido.



Figura 05 – Água aflorando na base da barragem e iniciando processos de erosão regressiva (Fonte: SGB).



Figura 06 – Trinca no solo da barragem que resistiu ao galgamento (Fonte: SGB).



Figura 07 – Imagem aérea mostrando o reservatório e os dois canais abertos para escoamento da água, sendo o canal mais a leste (topo da foto) de menor dimensão e o canal a oeste (base da foto) mais profundo e largo, mantendo o nível do reservatório abaixo do nível normal (vide a distância da água com o limite da vegetação) (Fonte: SGB).



Figura 08 – Canal aberto para escoamento da água da barragem, apresentando taludes verticais.



Figura 09 – Vertedouros originais da barragem.

Outro ponto que merece atenção é com relação a presença de outros barramentos a jusante da barragem danificada. Segundo a Defesa Civil Estadual existem ao menos outras 3 barragens, localizadas nesta drenagem até o Lago de Palmas. Estas barragens distam do ponto avaliado cerca de 1,5 km, 8,5 km e 10 km e todas apresentam área do reservatório maior que a barragem vistoriada. Este trabalho não tem o intuito de modelar a zona de atingimento em caso de ruptura, mas alerta para a possibilidade de efeitos variados em toda a extensão do rio a jusante numa situação de sinistro.

Segundo o Manual de Segurança de Pequenas Barragens (ANA, 2014), podemos classificar o grau de atenção e indicações de medidas a serem tomadas. Buscando trazer apenas as informações mais relevantes à situação observada em campo, foram extraídas de ANA (2014) as orientações referentes aos processos observados na barragem em questão e estas são apresentadas no Quadro 02.

Quadro 02 – Níveis de atenção e orientações a serem tomadas (Fonte: Extraído e modificado de Ana, 2014)

Situação	Estado	Medidas
Borda livre inferior a 1 metro em período chuvoso e nível da água continuando a subir	Alerta	1 – Ficar de prontidão na barragem; 2 – Abrir a tomada d'água e a descarga de fundo de forma a reduzir a velocidade de enchimento da barragem; 3 – Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil; 4 – Avisar o proprietário da primeira barragem rio abaixo; 5 – Isolar o acesso à barragem por pessoas estranhas.
Galgamento da barragem	Emergência	1 – Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civi; 2 – Avisar população que vive às margens do rio até 5 km a jusante; 3 – Avisar o proprietário da primeira barragem rio abaixo; 4 – Isolar o acesso à barragem por pessoas estranhas.
Erosão no paramento de jusante evoluindo rapidamente	Alerta	1 – Mobilizar um engenheiro com experiência em barragem para uma avaliação da gravidade do problema; 2 – Ficar de prontidão na barragem; 3 – Avisar Coordenadoria Municipal de Defesa Civil.
Surgência na zona imediatamente a jusante com ou sem deposição de material carreado	Alerta	1 – Realizar a manutenção corretiva imediatamente sob a orientação de um engenheiro com experiência em barragem; 2 – Ficar de prontidão na barragem, até à correção do problem; 3 – Se o material depositado aumentar rapidamente, abrir a descarga de fundo e a tomada d'água; 4 – Se o problema se mantiver e não for possível descer o nível no reservatório passar para o estado de emergência.
Trincas transversais abaixo do nível	Alerta	1 – Abrir a descarga de fundo e a tomada d'água

máximo maximorum, quando o nível da água subir acima da cota da trinca e a água sair com pressão a jusante Trincas longitudinais horizontais nos paramentos		até o nível da água no reservatório ser inferior à cota da base da trinca; 2 – Ficar de prontidão na barragem, até à descida do nível do reservatório indicada em 1; 3 – Se a vazão através da trinca aumentar ou aumentar a turvação e não for possível descer o nível no reservatório passar para o estado de emergência.
Deslizamento profundo com redução significativa da borda livre, durante o período chuvoso e nível da água continuando a subir	Alerta	1 – Ficar de prontidão na barragem; 2 – Abrir a tomada d'água e a descarga de fundo de forma a reduzir a velocidade de enchimento da barragem, se estiverem operacionais; 3 – Avisar a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil; 4 – Avisar o proprietário da primeira barragem rio abaixo; 5 – Isolar o acesso à barragem por pessoas estranhas.

Analisando o Quadro 2 é notável que algumas medidas foram tomadas quando da ocorrência do evento, mas ressalta-se aqui a indicação para que todas as orientações sejam rigorosamente seguidas, evitando danos maiores até que soluções corretivas e definitivas sejam tomadas.

Por fim, o trabalho de campo também vistoriou uma residência localizada a jusante da barragem, próxima ao curso da drenagem e cerca de 300 metros de distância da estrutura com problemas (Figura 10). Esta vistoria teve o intuito de avaliar eventual risco à moradia, caso a barragem se rompa por completo.

Como já dito, este trabalho não teve como objetivo modelar a área de atingimento numa eventual ruptura da barragem, pois faltava neste momento da avaliação parâmetros e informações essenciais para a referida modelagem. Assim, os resultados apresentados aqui são baseados nos indícios visíveis e mensuráveis em campo. Desta forma, foi constatada a existência de uma residência localizada na planície de inundação da drenagem (Figura 11). Esta residência encontra-se muito próxima ao curso d'água, não havendo nenhuma margem de segurança para um evento de cheio do rio, ou seja, mesmo em condições naturais, é possível dizer que a moradia está localizada numa área de alta suscetibilidade às inundações, potencializada agora pela possibilidade de ruptura da barragem.



Figura 10 – Localização da residência próxima à barragem (Google Earth, 01/2025).



Figura 11 – Casa localizada em planície suscetível a inundações (Fonte: SGB).

6. CONCLUSÕES

As fortes chuvas registradas entre os dias 02 e 03 de janeiro de 2025 na região da capital tocantinense resultou num extravasamento de um reservatório na zona rural do município, ocasionando galgamento da barragem, com conseqüente prejuízo à estrutura da mesma.

No local visitado, as principais patologias verificadas foram o colapso de parte da barragem por deslizamento a jusante com formação de escarpa, processos erosivos avançados no paramento a jusante, devido o galgamento, surgência de água na base da barragem e a inexistência de filtros de pé, potencializando processos como a erosão regressiva (*pipping*), com conseqüente desestabilização do talude. Também foram verificadas fissuras e trincas longitudinais no maciço, que permitem uma maior percolação de água, além da comprovação da ocorrência do fator deflagrador de algumas destas feições, que foi o galgamento em período chuvoso.

Com o advento das patologias evidenciadas na barragem, coloca-se em alerta uma residência localizada a jusante. Mesmo esta estando a cerca de 300 metros de distância da barragem, é prudente imaginar que efeitos graves serão causados numa situação de colapso repentino da estrutura da barragem. Sendo que, numa situação de sinistro, não é esperado haver tempo hábil para remoção dos moradores ou frequentadores do local.

É possível também concluir que as medidas emergenciais tomadas para reduzir o nível d'água do reservatório e, conseqüentemente, a pressão sobre o talude da barragem devem ter ajudado a estrutura a superar dias bastante chuvosos (Figura 03), que sucederam o evento do galgamento. Porém, estas ações são consideradas medidas emergenciais e não resolvem por definitivo o problema existente. Solução definitiva deve vir somente após intervenções estruturais, orientadas por projetos de engenharia que visem recuperar o fator de segurança necessário para o pleno funcionamento da barragem e seu reservatório.

7. SUGESTÕES DE AÇÕES PARA MANEJO SEGURO DA ÁREA VISTORIADA

Aqui são SUGERIDAS ações que busquem, em primeiro momento, um manejo de forma segura do local vistoriado a curto prazo, de forma que, as tomadas de decisão do poder público sejam eficientes no que diz respeito ao manejo das áreas em risco geológico descritas neste relatório. Em seguida, são SUGERIDAS ações estruturantes e não estruturantes, para que busquem atenuação e mitigação dos riscos.

Sugestões a curto prazo:

- i) Monitoramento diário da barragem referente ao aumento ou surgimento de novos processos de deslizamentos, trincas ou movimentação do talude. Importante frisar que, trincas já existentes são condutoras de água de novas chuvas e que, se novas chuvas de grande volume ocorrerem nos próximos dias, é esperado que a situação possa se agravar;
- ii) Orientar os moradores da residência localizada a jusante da barragem da situação existente e, em caso de chuvas intensas, buscarem locais mais seguros até que a situação seja resolvida;
- iii) Avaliação por empresa/engenheiro habilitado para verificar as condições estruturais da barragem

e possíveis intervenções estruturais a serem realizadas;

- iv) Comunicação aos proprietários e órgãos responsáveis pelo funcionamento e monitoramento das barragens situadas a jusante.

Sugestões para mitigação de risco das áreas vistoriadas:

- v) Monitoramento constante. Problemas com movimentos de massa podem ser recorrentes, principalmente em períodos de chuvas de grande volumes ou chuvas estacionárias;
- vi) Criação de sistemas de alerta à população residente a jusante de barragens, frente a períodos de grandes chuvas e promover simulados de evacuação;
- vii) Avaliação por empresa especializada em engenharia de geologia e geotecnia buscando analisar a viabilidade técnica e econômica de se executar obras de recuperação na barragem avariada. Importante que a avaliação seja feita através de investigação geotécnica do solo buscando sua real natureza e competência;
- viii) Criação de políticas públicas para fiscalização mais eficiente das condições estruturais de barragens, mesmo que de pequeno porte;
- ix) Ações de educação ambiental e de percepção de risco para os moradores residentes em zonas de possível atingimento e formação de líderes comunitários que possam ajudar e orientar a população local em conjunto com a defesa civil municipal.

8. REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. 2014. Manual de Segurança de Pequenas Barragens. Parte 1 – Revisão das Boas Práticas de Segurança de Barragens de Pequena Dimensão; Parte II – Manual. Brasília, DF

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2025. Precipitação acumulada em 22 dias do mês de janeiro de 2025 na Estação Palmas, TO (83033). Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/> (acesso em 23/01/2025).

