

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/544

## Fluxos de Comunicação e Planos de Resposta para Situações de Emergência

João Marcos Ribeiro Miquilino  
Vale S.A., Belo Horizonte, Brasil, joao.miquilino@vale.com

Lucas Amorim Muniz Soares  
Vale S.A., Belo Horizonte, Brasil, lucas.muniz.soares@vale.com

Beatriz Mapa Clemente  
Vale S.A., Belo Horizonte, Brasil, beatriz.clemente@vale.com

Miessa Ferreira de Souza  
Vale S.A., Belo Horizonte, Brasil, miessa.souza@vale.com

**RESUMO:** Os riscos geotécnicos presentes na indústria de mineração devem ser mapeados e avaliados para manter um ambiente seguro para pessoas e equipamentos, visando ações proativas e uma operação com zero danos. O monitoramento geotécnico auxilia na avaliação do perigo e na mitigação de suas consequências. O plano de monitoramento é baseado nos riscos e consequências associados à estrutura geotécnica. Para garantir a sua eficiência, deve-se responder as seguintes perguntas: por que monitorar? onde monitorar? e como monitorar?

Após os dois últimos maiores eventos geotécnicos em barragens de rejeitos no Brasil, surgiu significativamente a necessidade de criação de Centros de Monitoramento Geotécnico em diversas mineradoras, com o objetivo de avaliar os dados de monitoramento geotécnico, comunicar quando os níveis de limite da instrumentação estão fora da normalidade. Depois disso, uma série de outras ações são realizadas em relação ao Plano de Ação de Resposta ao Gatilho (TARP, Trigger Action Response Plan), como análises geotécnicas, inspeções de campo e evacuação imediata da área.

Cada estrutura geotécnica tem suas particularidades ao detalhar seu fluxo de comunicação e gatilhos – como podem ser barragens de rejeitos, taludes de corte e aterro ou paredes a céu aberto. Este artigo descreve uma metodologia com seis etapas para a construção de um fluxo para monitoramento geotécnico: definição da área de interesse para monitoramento, estudo de comportamento da área, definição da tecnologia de monitoramento, definição de alarmes da instrumentação e níveis de controle, TARPs e, finalmente, controle de desvio e anomalias. Ainda, traz um exemplo de aplicação desta metodologia para uma mina a céu aberto com a utilização de um radar terrestre e uma estação total robótica automatizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estabilidade de taludes, plano de comunicação, fluxo e segurança.

**ABSTRACT:** The geotechnical risks present in the mining industry must be mapped and assessed to maintain a safe environment for equipment and personnel, aiming proactive actions and a zero-harm operation. Geotechnical monitoring supports hazard evaluation and mitigates its consequences. The monitoring plan is based on the risks and consequences associated with the geotechnical structure. To ensure its efficiency, one must answer the following questions: why to monitor? where to monitor? and how to monitor?

After the last two biggest geotechnical events in tailings dams in Brazil, the need to create Geotechnical Monitoring Centers in several mining companies arose significantly, aiming to assess the geotechnical monitoring data and communicate when the threshold levels are out of normality. After that, a range of other actions are carried out regarding the Trigger Action Response Plan (TARP), such as geotechnical analyses, field inspections and immediate evacuation of the area.

Each geotechnical structure has its own particularities when detailing its communication flow and defining its threshold triggers – as they can be tailings dams, cut-and-fill slopes, or open pit walls.

This article describes a method with six steps to develop a flow for geotechnical monitoring: defining the area of interest for monitoring, studying the behavior of the area, choosing the monitoring technology, defining instrumentation alarms and reference levels, TARPs and, finally, controlling deviation and anomaly. In

addition, it provides an application of this method to an open-pit mine monitored by a ground-based radar and an automated robotic total station.

**KEYWORDS:** slope stability, communication plan, flow, and safety.

## 1 INTRODUÇÃO

Após a exaustão ou esgotamento da lavra de uma mina, inicia-se o processo de fechamento de mina seguindo um planejamento da desativação total do ativo. Esse plano contempla o conjunto de procedimentos para o descomissionamento da área da mina após a atividade de mineração, envolvendo a desmobilização das estruturas provisórias de suporte às operações de lavra e beneficiamento, a estabilização física e química das estruturas permanentes e seus monitoramentos, bem como a habilitação da área para um novo aproveitamento mineral ou outro uso futuro (ANM, 2021).

O empreendedor responsabiliza-se com a mitigação dos eventuais danos resultantes das atividades assim como sua estabilidade física associado a aspectos morfológicos e geomecânico. Para garantir os parâmetros do Plano de Fechamento de Mina (PFM), são realizadas obras de adequação como drenagens, instalações de canaletas, controle e monitoramento de freática, retaludamento, entre outras. Nesse sentido, com o objetivo de complementar e acompanhar essas obras da estrutura, o monitoramento geotécnico por diferentes tecnologias é fundamental para uma operação segura.

Níveis de controle são estabelecidos para as tecnologias de monitoramento visando a detecção de movimentação, alteração de freática, vibrações e deslocamentos. Arelado aos níveis de controle, os TARPs (Trigger Action Response Plan - Plano de Resposta a Desvios), devem ser elaborados com o objetivo de agir de forma preventiva assim que os gatilhos forem acionados, evitando qualquer acidente/incidente.

Nesse sentido, este artigo apresenta as diretrizes para condução e criação de um caderno de TARPs aplicado em uma mina de minério de ferro exaurida, que passa por obras de estabilização de taludes para a fase final do PFM.

## 2 METODOLOGIA

Planejar um programa de monitoração utilizando instrumentação geotécnica é similar a outros projetos de Engenharia. Um projeto típico de Engenharia começa com a definição de um objetivo e se processa por meio de uma série de passos lógicos até a preparação dos desenhos, especificações e lista de materiais (Silveira, 2006). Na fase de projetos deve-se questionar o método e entrega do seu monitoramento, assim, para guiar o empreendedor existem alguns questionamentos que devem serem realizados:

### *Por que monitorar?*

Deve-se traçar o objetivo do seu monitoramento e o porquê de monitorar esse ativo, geralmente são algumas particularidades como rupturas, deslocamentos, alteração de freática, acompanhamento ou atendimento de legislação.

### *Onde monitorar?*

Deve-se definir a área de interesse ou ativo geotécnico a ser monitorado como taludes, pilhas, cavas, barragens, túnel entre outros.

### *Como monitorar?*

Deve-se definir o parâmetro e limites do monitoramento, a tecnologia a ser utilizada e, principalmente, o que fazer com os dados obtidos e os planos de resposta para anormalidades encontradas.

O fluxo proposto na Figura 1 apresenta as etapas de um programa de monitoramento. O trabalho desenvolvido nesse artigo consiste na realização dessas etapas para o projeto de monitoramento de uma cava de minério de ferro exaurida e em processo de plano de fechamento de mina, porém pode ser aplicado a outros tipos de estruturas geotécnicas, como cavas em operação, taludes industriais, taludes de ferrovia, barragens e pilhas de estéril.



Figura 1: Fluxo estruturante para monitoramento geotécnico (Autor, 2023).

O primeiro passo é a definição da área ou local a ser monitorado, os monitoramentos podem ser em áreas específicas ou até mesmo em toda a estrutura. A inspeção de campo é uma excelente forma para definição da área de interesse, além de uma abordagem crítica sobre anomalias visuais como trincas, rachaduras, abatimentos entre outros.

O segundo passo é o estudo do comportamento da área, o conhecimento geológico geotécnico da área em estudo facilita a interpretação do modo de falha ou do acompanhamento que se deseja realizar. Projetos de sondagem, modelos de tensão x deformação, modelos litológicos auxiliam também nessa descrição. O intervalo entre a detecção do movimento e o colapso de uma estrutura depende, além das características geológicas geotécnicas, do tipo de instrumento de monitoramento, na maioria dos casos a detecção de uma ruptura pode chegar a um período de alerta de várias horas ou semanas antes (Read & Stacey, 2009).

Sendo assim, o terceiro passo consiste na definição da tecnologia a ser utilizada no monitoramento, baseado no estudo de comportamento da área. Esse estudo mostra o método a ser avaliado conforme o modo de falha, como deslocamento horizontais, recalques, acompanhamento de pressões de água e vazões de drenagem. Para o acompanhamento de deslocamentos, por exemplo, pode-se utilizar tecnologias que analisam deslocamentos superficiais ou subsuperficiais, a depender da necessidade, como estações totais, radares interferométricos terrestres, inclinômetros, marcos superficiais e extensômetros.

O monitoramento do talude para indicação do deslocamento da superfície deve-se estender para além do limite da zona de possível movimentação, até as áreas conhecidas como estáveis. Dessa forma, o possível deslocamento da superfície pode ser monitorado antes que ocorra a fissuração (Read & Stacey, 2009).

Porém, ressalta-se que a instrumentação não deve ser utilizada, a não ser que haja uma razão lógica para isso. Peck (1984) estabelece que “os usos legítimos da instrumentação são tantos, e as questões que os instrumentos e as observações podem responder são tão vitais, que não se deve promover seu descrédito, utilizando-os imprópriamente ou desnecessariamente”. (Peck, 1984).

O quarto passo do fluxo estruturante para monitoramento geotécnico é a definição de alarmes e níveis de controle, os quais devem ser avaliados conforme os parâmetros escolhidos. Os parâmetros mais utilizados são a análise do histórico de leituras do equipamento e a aplicação de ferramentas estatística para definição do limiar. Para essa metodologia, deve-se aguardar um tempo de coleta de dados para posterior avaliação e definição dos limites. Pontua-se que aplicar o mesmo valor do nível de controle para uma tecnologia em duas estruturas diferentes não é indicado, devido a particularidade de cada estrutura. Os níveis de controle devem ser baseados na experiência do site, no tipo de instrumentação em que o alarme se baseia, na existência ou não de atividade próxima à área de alarme e o perigo potencial que o alarme indica. As limitações do equipamento quanto à precisão, alcance, máximo e mínimo velocidades devem ser levadas em conta, uma vez que influenciam na veracidade do alarme e podem afetar as TARPs (Sharon & Eberhardt, 2020).

Posteriormente, segue-se para o quinto passo, estabelecer planos de reposta (TARP) e treinamento para atingimento do gatilho ou parâmetro estabelecido no caderno de TARP. Uma ação sempre deve ser tomada seja de uma inspeção de campo até a paralisação e evacuação de toda estrutura, conforme o nível de alarme disparado e as características da própria estrutura como nível de emergência de PAEBM (Plano de Ação de Emergências para Barragens de Mineração) e DPA (Dano Potencial Associado) para barragens de mineração.

Para demais estruturas geotécnicas – cavas, taludes e encostas – avaliar o método construtivo, mecanismo de ruptura, modelo geológico-geotécnico, modelo litológico entre outros parâmetros. Essas características devem ser analisadas para dar criticidade nas ações geradas na elaboração do plano de resposta.

Concomitantemente, inicia-se também o plano de comunicação com os envolvidos diretos inseridos no plano de comunicação. É importante que exista um possível escalonamento da comunicação, conforme a

anomalia encontrada, que pode iniciar com o Geotécnico responsável pela estrutura e caminhar até mesmo ao presidente ou o responsável pelo risco, a depender do organograma de cada empresa. Pontua-se que no caso de obras e operações que funcionem 24 horas por dia, indica-se a existência de um responsável direto para realização do fluxo de evacuação, esse profissional deve estar no local onde ocorrem as operações e deve ter comunicação livre com toda a estrutura, geralmente via rádio de comunicação.

No que diz respeito ao monitoramento remoto, as instalações dos Centros de Monitoramento Geotécnicos (CMGs) são ambientes físicos projetados, estruturados e dedicados ao monitoramento de barragens e acionamento dos dispositivos de alerta e alarme, quando necessário, com equipe dedicada, tratando e analisando os dados advindos da instrumentação, câmeras e demais dispositivos inerentes à segurança das barragens ou estruturas geotécnicas, objetivando intervenção célere e imediata quando necessário, com operação ininterrupta 24 horas por dia, conforme solicitação da ANM (ANM, 2023). O CMG mencionado neste trabalho realiza monitoramento de barragens e demais ativos geotécnicos, como taludes industriais e minas a céu aberto.

O treinamento de todos envolvidos é de suma importância para que seja efetivo o plano da TARP, cada envolvido deve compreender perfeitamente o seu papel e seguir as diretrizes estabelecidas no plano. Simulados de evacuação ou de gatilho de alarmes devem ser constantes e a periodicidade estabelecida deve ser cumprida, os pontos de melhoria identificados no ato do simulado devem ser registrados e aplicados. A reciclagem do treinamento deve ser realizada com todos envolvidos no caso de atualização do plano, independente do motivo, como alteração de nível de controle, rota de fuga ou responsáveis por cada ação.

Por fim, o sexto passo corresponde a controle de desvio e anomalia. O acionamento de uma TARP, quando observado um desvio gerado por uma inspeção de campo, nível de instrumento atingido ou alarme cadastrado no caderno, pode ocasionar uma anormalidade que altere a condição da estrutura e possa gerar restrição de acesso de uma determinada área ou talude até que se adeque a tratativa da anomalia. O tratamento desse desvio é de grande importância para a perfeita operação e funcionalidade da estrutura. A área alarmada deve ser identificada e isolada, caso necessário, e a realização das tratativas devem seguir um cronograma de adequação e entrega, prevenindo a ruptura parcial ou total.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo de caso apresentado, foi em uma mina a céu aberto de minério de ferro exaurida em 2006 na cidade de Nova Lima – Minas Gerais. Para monitoramento e definição de alarmes para gatilho das TARPs, foram utilizadas as tecnologias Radar Interferométrico Terrestre e Estação Total Robótica (ETR). Como premissa do estudo realizado para a criação dos planos de respostas, os níveis de controle das tecnologias já devem estar definidos e implantados. Ressalta-se que não é objetivo do presente trabalho a definição de níveis de controle, mas sim a definição de planos de respostas para os níveis já definidos.

Os radares terrestres possuem precisão milimétrica e funcionam a partir da emissão de ondas eletromagnéticas, mesmo sob condições atmosféricas adversas. Neste tipo de monitoramento a diferença de fase entre o sinal emitido e refletido é utilizada para determinar os níveis de deslocamento (deformação) da estrutura geotécnica monitorada (Casagli et al., 2017). O funcionamento da ETR se baseia na leitura dos prismas por meio da emissão de ondas ópticas tipo laser (feixe de luz), consequentemente, seus resultados podem apresentar alterações em condições de variações atmosféricas. Esse equipamento realiza leituras em valores reais e deslocamentos contínuos, com leituras pontuais, e necessita de orientação em outros prismas, conhecido na topografia como prismas referenciais (ré). (Gonçalves et al., 2022).

Após definição de tecnologia e o estudo dos níveis de controle, o próximo passo é a construção de um fluxo de comunicação, iniciando pelo mapeamento dos envolvidos e suas devidas responsabilidades nos planos de resposta. Para cada ator envolvido, deve-se atualizar o contato telefônico e o e-mail, que devem estar presentes no caderno de TARP, também é necessário a descrição de escalonamento e responsabilidade de cada ator no fluxo. A Tabela 1 apresenta um exemplo de tabela com descrição de envolvidos no fluxo de comunicação e contato.



Tabela 1 Quadro com descrição de envolvidos no fluxo de comunicação e contato, Autor 2023.

GRUPO - LISTA CONTATOS			
NOME	CARGO	TELEFONE	E-MAIL
<b>Equipe de Obra</b>			
	Geólogo Geotécnico		
	Supervisor		
	Encarregado de Obra		
	Técnico de Segurança		
	Líder de abandono		
<b>Geotecnia Operacional</b>			
	Geólogo Geotécnico		
	Coordenador		
	Gerente		
<b>Centro de Monitoramento Geotécnico</b>			
	CMG Sala		
	CMG in Loco		
	Geotécnica CMG		
	Coordenadora		
	Gerente		
<b>Equipe - Radar Terrestre e ETR</b>			
	Analista Radar		
	Coordenador		
	Engenheiro Geotécnico		

A descrição das equipes envolvidas deve ser clara assim como a responsabilidade de cada envolvido. O organograma pode variar dependendo da estrutura organizacional e realidade de cada empresa. No presente estudo de caso, a descrição consiste em:

**Equipe de obras:** Equipe responsável pela execução do serviço ou operação. O líder de abandono deve fazer parte dessa equipe e deverá conhecer todo o setor, esse ator deverá portar o mapa de setorização da cava.

**Geotecnia Operacional:** Equipe responsável pela estrutura nessa organização fica o Responsável técnico da cava além de responsabilidade de liberação de atividades. Esse ator realiza a comunicação da TARP.

**Centro de Monitoramento Geotécnico:** Equipe de monitoramento remoto que realiza o comunicado do atingimento de alarme para as tecnologias inseridas no TARP. Seu primeiro contato é para o líder de abandono em caso de evacuação e, sequencialmente, para o Geotécnico Operacional.

**Equipe Radar Terrestre e ETR:** Equipe dedicada ao monitoramento das tecnologias e fornece informações sobre a saúde dos equipamentos e seu monitoramento.

Atualmente, a estrutura em estudo passa por obras de estabilização de taludes e adequação para plano de fechamento de mina, conta com cerca de 200 colaboradores, distribuídos em áreas diferentes da estrutura. Um dos passos para construção do caderno de TARP é a setorização da estrutura, conforme Figura 2, separando por área, nome, criticidade de monitoramento e perfil geológico geotécnico para detecção de falhas. A setorização ajuda principalmente na evacuação da área desejada, uma vez que o alarme pode ser em uma região específica, não havendo necessidade da evacuação completa da estrutura, impactando positivamente no custo da obra e cronograma de entrega. Os pontos de área segura e a rota de deslocamento devem ser sinalizados e a realização de simulados de evacuação são essenciais para uma evacuação segura em caso de emergência.

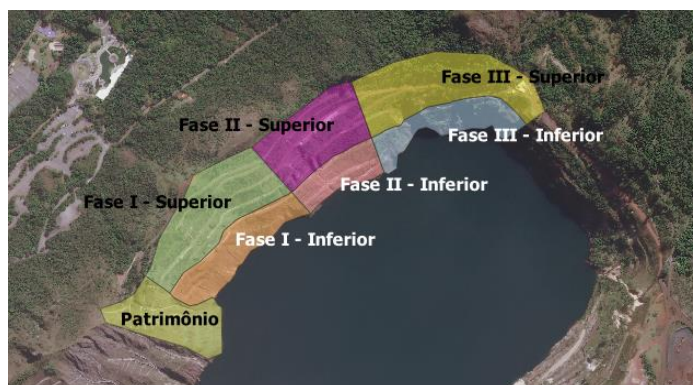


Figura 2 – Mapa setorizado das áreas de obras da Cava, Autor 2023.

Um TARP é um elemento chave da gestão de riscos e deve fornecer orientação clara sobre ações a serem implementadas quando o desempenho da estrutura se desviar da condição esperada. Esses definem os

procedimentos necessários para mitigar consequências significativas de um evento indesejado ou evitar sua ocorrência. Nesse sentido, os níveis de controle e as condições que possam levar a um evento indesejado precisam ser definidas e verificadas periodicamente. (Sharon & Eberhardt, 2020). No presente estudo, foram definidos níveis de controle para cada área e tecnologia, sendo que um conjunto de níveis de controle atingidos em conjunto desencadeiam o acionamento de um TARP. Sendo assim, os TARPs são inerentemente uma ferramenta preventiva de gestão de riscos, suportados pelo processo de inspeção e dados de monitoramento obtidos e avaliados pelo CMG e Geotecnia Operacional.

Os TARPs devem ser escritos de forma clara, de fácil compreensão e deve-se limitar a quantidade de subjetividade e interpretação envolvida na tomada de decisões. Apesar das melhores práticas de governança corporativa e de ter um robusto sistema de gerenciamento de risco e de segurança, ainda é possível que ocorra um evento não planejado ou de baixa probabilidade/alta consequência. O plano de resposta a emergências pode evitar que uma emergência se torne um desastre, minimizando o pânico e as consequências por meio de treinamento sobre os procedimentos, comunicação eficaz com os trabalhadores, implementação de protocolos de evacuação e disponibilidade de recursos para minimizar qualquer impacto nas operações. Cada cenário será diferente, por isso, é importante avaliar os riscos não apenas associados a evacuação de pessoas do local e dos bens que forem críticos para as operações, como também os impactos decorrentes das medidas de remediação (Sharon & Eberhardt, 2020).

O TARP está associado a uma série de níveis de referência, normalmente, e não diferente do presente estudo de caso, quatro níveis variando de condição normal, baixo, médio e alto risco. Cada nível é associado às várias ações e controles, incluindo os responsáveis pela implementação dessas ações. O risco e ação adotada em cada TARP, baseado em normas internas (VALE, 2021) da empresa do presente estudo de caso, corresponde à:

**TARP 1 (Verde):** condição de risco nominal. A área operacional mantém atividades de desenvolvimento de rotina.

**TARP 2 (Amarelo):** alerta de risco baixo, condições normais são ultrapassadas. O Responsável Técnico e a equipe operacional devem comunicar o EdR (Engenheiro de Registro) da estrutura, as atividades de rotina continuam, intensifica-se o monitoramento.

**TARP 3 (Laranja):** risco moderado, a área afetada é isolada para restrição de acesso e o Responsável Técnico notifica o Engenheiro de Registro para avaliar a situação de forma coletiva e propõe um processo corretivo. Quando as condições são compreendidas e aprovadas, a atividade pode retornar, de acordo com quaisquer requisitos condicionais. Se isso não for possível, o Responsável Técnico pode elevar o risco a um nível de TARP 4, seguindo-se novas ações e comunicados.

**TARP 4 (Vermelho):** risco alto, em que a área afetada é evacuada. O nível de alerta de risco alto requer que a comunicação seja escalada para níveis gerenciais superiores e que o dono do risco seja informado. O dono do risco é chamado para auxiliar no plano de resposta com o apoio do RT e do EdR, que devem avaliar a situação e elaborar recomendações corretivas. Mediante aprovação e autorização, deve-se executar a implementação bem-sucedida do plano de ação. A área deve continuar a ser monitorada e inspecionada cuidadosamente para garantir que a condição crítica seja resolvida antes de ser liberada da TARP 4.

Sendo assim, o modelo de TARP aplicado no estudo de caso, está apresentado na Figura 03. Pontua-se que para o acionamento da TARP, todas as condições relacionadas à precipitação, possíveis anomalia, alarmes de prismas e radar terrestre devem ser atingidas. Não será apresentado os níveis de controle utilizado na estrutura, uma vez que o objetivo principal está nas ações realizadas em cada gatilho de alarme.

TARP GLOBAL - CAVA XXXXXXX						
TARP	Descrição do gatilho	Controle para acionamento de TARP (um OU/E outro)				Ações
		Precipitação (WS Radar)	Anomalia	Prisma (se disponível)	Radar	
1	Condição normal, deformação dentro do nível de ruído	<XX mm/Xdia ou <XXmm/Xdias ou <XXmm/Xdias	sem anomalias de campo			Operação normal
2	Deformação acima do nível de ruído, que sinalize mudança de comportamento do talude	>XX mm/Xdia ou >XXmm/Xdias ou >XXmm/Xdias	sem anomalias de campo	> Y cm/semana (N2,N3, N4 long)	Velocidade N2/N3	Avaliação da área sem paralisação Avaliação diária dos dados de monitoramento disponíveis
3	Deformação com taxa linear	>XXmm/Xdia ou >XXmm/Xdias ou >XXmm/Xdias	com anomalia de campo	< Y cm/dia (N2/N3 short)	Velocidade N4	Evacuação preventiva e inspeção de campo Avaliação diária dos dados de monitoramento disponíveis
4	Deformação progressiva	>XXmm/Xdias ou >XXmm/Xdias ou >XXmm/Xdias	aumento de anomalia de campo	> Y cm/dia (N3 short)	Velocidade e/ou Deslocamento N4	Evacuação preventiva e inspeção de campo Avaliação da condição para bloqueio das áreas de influência Avaliação diária dos dados de monitoramento disponíveis

Figura 03: TARPs associados a atingimento de limites e ações associadas, para a Cava em estudo, Autor 2023.

Ressalta-se que caso as áreas monitoradas atinjam os valores definidos para os níveis de TARPs não significa uma ruptura iminente dessas áreas, pois trata-se de limites preventivos. Essa ação é adotada para que haja maior atenção aos dados de monitoramento, garantindo uma adequada análise e investigação e, caso necessário, a implantação de controles adicionais para gerenciamento, de modo a evitar o aumento do risco. Estabelecer TARPs e respectivos responsáveis por sua implementação pode minimizar impactos, salvar vidas, evitar danos a equipamentos, outras possíveis perdas ou alterações indesejadas no plano de negócios

Outro ponto importante a se destacar está relacionado a operação das tecnologias de monitoramento. Uma vez que haja perda do monitoramento devido queda de conexão em que os dados não cheguem até a sala de controle em tempo real, ações de controle também devem ser tomadas. Em caso de falha dos equipamentos de monitoramento, um plano de resposta para perda de conexão com as tecnologias também deve ser acionado, envolvendo comunicações pelo CMG com os líderes de abandono via rádio/telefone solicitando evacuação, com consequente evacuação realizada e atividades paralisadas até que seja feita a comunicação de retorno de conectividade. Um exemplo de Plano de resposta desenvolvido no presente estudo de caso para essa situação é apresentado na Figura 04.

TARP - Perda de Conexão com tecnologia					
Id	Quem	Para	Cenário	Atividade	Observações
1	CMG	Líder de abandono	Conexão Perdida	Informar via rádio sobre a perda de conexão com o equipamento e local de cobertura do monitoramento.	Aguardar 15 minutos de queda de conexão do equipamento.
2	CMG	CMG/GO	Conexão Perdida	Registrar e enviar report padrão relatando situação.	Sem observações.
3	CMG	CMG/GO	Conexão Perdida	Comunicar retorno do equipamento via rádio.	Teste diário de rádio.
4	GO	Líder de abandono	Retorno da Conexão	Geotecnia realiza inspeção quando necessário e libera o retorno das atividades.	Avaliar cenário para realizar inspeção.

Figura 04: Fluxo de comunicação para perda de conexão com as tecnologias de monitoramento, Autor 2023.

O acúmulo de pluviometria também deve ser avaliado, uma vez que pode mudar o cenário e o comportamento dos taludes. Após a definição do acúmulo de chuva por dia, algumas ações são definidas e desencadeadas, envolvendo reporte de início de chuva ao CMG pelo Líder de abandono, acompanhamento do nível de pluviometria acumulada e reporte de acionamento de limites, evacuação de toda a estrutura pelo líder de abandono e posterior inspeção em campo pela Geotecnia Operacional. Por fim, deve ser realizado o reporte das condições de campo para o CMG e líder de abandono das condições de estabilidade, com consequente liberação ou não do retorno da atividade. A figura 05 apresenta o exemplo de plano de resposta para o acúmulo de pluviometria.

TARP - Pluviometria					
Id	Quem	Para	Cenário	Atividade	Observações
1	CMG	Líder/GO	Chuva	Caso o limite exceda XX mm/dia ou XX mm/3dias ou XX mm/5dias, necessário inspeção nas áreas de atividade.	Sem observações.
2	GO	CMG/Líder	Chuva	Caso o limite exceda XX mm/dia ou XX mm/3dias ou XX mm/5dias, necessário inspeção nas áreas de atividade.	Liberar atividade apenas após inspeção de campo.

Figura 05: Fluxo de comunicação para acúmulo de pluviometria, Autor 2023.

A realização de simulados de atingimentos de TARPs, devidas comunicações, e possíveis evacuações em campo são essenciais para um correto funcionamento do processo e uma melhor gestão riscos, além de uma evacuação segura em caso de emergência.

Nesse sentido, para efetividade do teste comunicação, são realizados testes de rádio no início de cada expediente, os testes envolvem o responsável pela obra e o CMG, esse é o fluxo direto para comunicação em um eventual cenário de emergência, os resultados dos testes são registrados e tratativas de correção e manutenção são acionados em caso de perda da comunicação.

Os simulados de rota de fuga são executados quinzenalmente, com o objetivo de capturar o tempo total de evacuação da Cava, é também uma forma de memorizar o trecho de fuga para situações reais. Todo ponto de ajuste é tratado como oportunidade de melhoria do processo.

Por fim, pontua-se a necessidade de atenção para algumas limitações e variáveis do processo, por exemplo, a quantidade de responsáveis envolvidos no fluxo e a constante rotatividade dessas pessoas nas empresas, faz-se indispensável atualizar constantemente os contatos envolvidos e os devidos treinamentos. Outro ponto é a importância da definição de papéis e responsabilidades para cada etapa, como a definição de um único responsável pela evacuação de uma estrutura em caso de acionamento TARPs, para evitar comunicação em duplicidade e ruídos. A análise da confiabilidade do dado do alarme é também indispensável, uma vez que pode evitar falsos acionamentos e consequentes evacuações desnecessárias, reduzindo a credibilidade das pessoas envolvidos no processo quanto aos alarmes, além do custo de obra paralisada devido a evacuação desnecessária.

#### 4 CONCLUSÃO

Os TARPs são elementos chave da gestão de riscos e devem fornecer orientação clara sobre ações a serem implementadas quando o desempenho da estrutura se desviar da condição esperada. Esses definem os procedimentos necessários para mitigar consequências significativas de um evento indesejado ou evitar sua ocorrência. Os TARPs devem ser escritos de forma clara, de fácil compreensão e deve-se limitar a quantidade de subjetividade e interpretação envolvida na tomada de decisões. O plano de resposta a emergências pode evitar que uma emergência se torne um desastre, minimizando o pânico e as consequências por meio de treinamento sobre os procedimentos, comunicação eficaz com os trabalhadores, implementação de protocolos de evacuação e disponibilidade de recursos para minimizar qualquer impacto nas operações.

Pontua-se que a definição dos limites estabelecidos para as TARPs é um processo dinâmico, sendo necessário uma revisão regular de ajustes e refinamentos dos limites de gatilhos associados a esses planos de ação, assim como as ações desencadeadas e os cenários propostos. Ressalta-se a necessidade de manter atualizado a lista de contatos dos atores envolvidos na estrutura e no fluxo de comunicação, visando uma comunicação eficaz e rápida. As informações geradas pelas tecnologias e os dados das inspeções de campo são fundamentais para a tomada de decisões nas operações das obras e estabilização do ativo, dessa forma as tecnologias devem operar com o máximo de confiabilidade e a não operação dessa é critério de paralisação das obras ou restrição de acesso.

Sendo assim, os fluxos apresentados para o estudo de caso mostraram-se eficaz, desencadeando maiores análises e evacuações preventivas durante o período de obras. Observou-se maior frequência de evacuação ou paralisação de obras devido ao período de chuva, muitas das vezes devido acúmulo de pluviometria atingindo os parâmetros descritos no fluxo. Ressalta-se a importância da existência de planos de ação em todos os alarmes existentes, uma vez que a equipe de monitoramento remoto deve ter conhecimento de que fluxo seguir após esses acionamentos.



## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a VALE S.A, ao Centro de Monitoramento Geotécnico do Corredor Sul – VALE pelo apoio para a publicação deste artigo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANM (2023). Agência Nacional de Mineração (Brasil). Resolução ANM nº 130 de 24 de fevereiro de 2023. Altera a Resolução ANM nº 95, de 7 de fevereiro de 2022, e dá outras providências.
- ANM (2021). Agência Nacional de Mineração (Brasil). RESOLUÇÃO ANM nº 68, de 30 de abril de 2021. Dispõe sobre as regras referentes ao Plano de Fechamento de Mina - PFM e revoga as Normas Reguladoras da Mineração nº 20.4 e nº 20.5, aprovadas pela Portaria DNPM nº 237, de 18 de outubro de 2001.
- Casagli, N., Frodella, W., Morelli, S., Tofani, V., Ciampalini, A., Intrieri, E., Raspini, F., Rossi, G., Tanteri, L., Lu, P. (2017) Spaceborne, UAV and ground-based remote sensing techniques for landslide mapping, monitoring and early warning. *Geoenviron.Disaster*, 4 (9), p 1–23.
- Gonçalves, D. L., Ferreira, P. L., Clemente, B. M., (2022) Amplitude de Variação dos Dados da Estação Total Robótica na Criação de Alarmes. Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas COBRAE. Porto de Galinhas, Brazil.
- Hoek, E. (1983). Strength of jointed rock masses. *Géotechnique* 33: 187–223.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C.T., Corkum, B. (2002). Hoek-Brown failure criterion - 2002 edition. In Hammah et al. (eds.), *Proceedings of the Fifth North American Rock Mechanics Symposium, Toronto*. University of Toronto Press, Toronto, pp. 267–273.
- Karzulovic, A., Read, J. (2009). Rock mass model. In Read & Stacey (eds.), *Guidelines for Open Pit Slope Design*. CSIRO Publishing, Collingwood, pp. 83–139.
- Peck, R. B. (1984). Observation and Instrumentation, Some Elementary Considerations, 1983 postscript. Judgment in Geotechnical Engineering: The Professional Legacy of Ralph B. Peck, Dunicliff, J. and Deere, D. U., eds., John Wiley & Sons, Inc., New York, 128-130.
- Read, J., Stacey, P. (2009). *Guidelines for Open Pit Slope Design*. CSIRO Publishing, Collingwood.
- Sharon, R.; Eberhardt, E. (2020). Guidelines for Slope Performance Monitoring, CSIRO Publishing, CRC Press/Balkema, 331 p.
- Silveira, J. F. A. (2006). Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento. Oficina de Textos, São Paulo, pp 15.
- Vale S/A - PGS – 03770 - *Interação, Fluxo de comunicação e Resposta a Desvios*, 2021 (Documento Interno).