XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.1/59

Reavaliando CRI e DPA no Brasil: limites, inconsistências e caminhos para uma priorização de esforços mais efetiva

Michelle Cristina dos Reis Braga
Analista de Gestão de Riscos Sênior, Instituto Minere, Belo Horizonte, Brasil, michelle_crb@yahoo.com.br

Danilo Manata Eloi
Senior Geotechnical Consultant, WSP Canada, Vancouver, Canada, danilo.eloi@wsp.com

RESUMO: A classificação de barragens de mineração no Brasil combina a Categoria de Risco (CRI), ligada à gestão da segurança, e o Dano Potencial Associado (DPA), que sugere a dimensão do impacto na área a jusante considerando o pior cenário de ruptura, sendo parâmetros independentes. Embora alinhado a recomendações internacionais, esse modelo apresenta lacunas práticas que dificultam a priorização de esforços. Observa-se que barragens com DPA alto frequentemente carecem de dados atualizados, instrumentação adequada e inspeções regulares, revelando que a classificação formal não assegura controles proporcionais ao risco. Do mesmo modo, estruturas com DPA médio, mas inseridas em contextos sensíveis, apresentam não conformidades relevantes, evidenciando assimetria entre enquadramento legal e necessidade técnica. A CRI, apesar de prevista como elemento central da gestão, tem influência reduzida nas decisões, superada pela ênfase quase exclusiva no DPA. Em contraste, modelos internacionais, como o *consequence category* do Canadá e da Austrália, vinculam a classificação a requisitos mínimos mandatórios de instrumentação, auditorias e presença do *Engineer of Record*, garantindo maior clareza operacional. Este trabalho discute o aprimoramento da matriz brasileira, a integração mais forte entre CRI e DPA, uso de gatilhos automáticos de intensificação de monitoramento, maior rastreabilidade histórica e alinhamento ao conceito de *risk-informed performance,* contribuindo com a governança de barragens no país.

PALAVRAS-CHAVE: Categoria de Risco; Dano Potencial Associado; Integração; Governança; Segurança de Barragens.

ABSTRACT: The classification of mining dams in Brazil combines the Risk Category (CRI), associated with safety management, and the Associated Potential Damage (DPA), which indicates the magnitude of downstream impacts under a worst-case failure scenario, with both parameters being independent. Although aligned with international recommendations, this model exhibits practical gaps that hinder the prioritization of efforts. High-DPA dams often lack updated data, adequate instrumentation, and regular inspections, showing that formal classification does not ensure controls proportional to the risk. Likewise, structures classified as medium-DPA but located in sensitive operational contexts frequently present significant non-conformities, exposing a mismatch between legal classification and actual technical needs. The CRI, despite being defined as a central element of safety management, has limited influence on decision-making, overshadowed by the near-exclusive emphasis on DPA. In contrast, international reference models - such as the consequence category frameworks used in Canada and Australia - link classification to mandatory minimum requirements for instrumentation, audits, and the involvement of an Engineer of Record, thus providing greater operational clarity. This paper discusses the improvement of the Brazilian matrix, stronger integration between CRI and DPA, the use of automatic triggers for intensified monitoring, greater historical traceability, and alignment with the concept of risk-informed performance, contributing to dam governance in the country.

KEYWORDS: Risk Category; Associated Potential Damage; Integration; Governance; Dam Safety.

1 INTRODUÇÃO

A gestão da segurança de barragens de mineração no Brasil tem sido tensionada por eventos críticos recentes e por um arcabouço regulatório em contínua revisão, que busca harmonizar princípios de prevenção, controle e mitigação com práticas orientadas a risco (ICOLD, 2020; ICOLD, 2022). No plano legal, a Lei nº 12.334/2010 institui a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e estabelece que a classificação das estruturas se dê pelo volume, pela Categoria de Risco (CRI) e pelo Dano Potencial Associado (DPA), parâmetros concebidos como independentes entre si, conforme regramento do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (BRASIL, 2010).

A Resolução CNRH nº 241/2024 modernizou a Resolução CRNH nº 143/2012 ao ampliar definições essenciais - como área afetada e área de inundação - e apresentar critérios de classificação mais rigorosos e detalhados. Foram atualizados os parâmetros de DPA (incluindo nova abordagem para perdas de vidas humanas e novos limites de pontuação) e introduzido uma nova fórmula para cálculo da CRI, baseado em indicadores de risco mais detalhados. A Resolução permite que órgãos fiscalizadores adotem critérios complementares, fortalecendo a aderência à PNSB e elevando o nível técnico das análises, sanando lacunas presentes na norma anterior (CNRH, 2024). Alinhado a este cenário, a Agência Nacional de Mineração inaugurou novo marco regulatório (a Resolução ANM nº 220/2025 que terá implantação escalonada até 2027), apresentando, dentre outras modificações, a revisão da matriz de classificação (CRI e DPA) para barragens de mineração (ANM, 2025).

Do ponto de vista conceitual, a CRI expressa a qualidade da gestão da segurança (características técnicas, estado de conservação e atendimento ao Plano de Segurança da Barragem), ao passo que o DPA sintetiza a magnitude dos danos a jusante no pior cenário de ruptura (incluindo possíveis perdas de vidas, impactos ambientais, sociais e econômicos), sem representar a probabilidade de falha (BRASIL, 2010; CNRH, 2024). Essa separação entre consequência e probabilidade é coerente com boas práticas internacionais, como as matrizes de *consequence category* da CDA e da ANCOLD, nas quais o enquadramento por consequência não implica informação sobre integridade estrutural ou chance de ruptura (CDA, 2013, 2021; ANCOLD, 2012, 2019). Em termos operacionais, isso significa que o DPA não mensura o risco de falha nem abrange cenários de rupturas parciais, devendo ser complementado por indicadores de condição e desempenho (por exemplo, percolação, galgamento, conservação) e por avaliações de risco específicas (BC-MFLNRO, 2017; ICOLD, 2019).

A experiência brasileira recente, entretanto, evidencia assimetria entre a classificação formal e os controles efetivamente implementados em múltiplos empreendimentos. O Relatório de Segurança de Barragens (RSB) 2024/2025, da ANA, identificou 241 barragens prioritárias para gestão da segurança, destacando lacunas de dados, insuficiência de informações técnicas e não atendimento a requisitos da PNSB, o que dificulta a priorização baseada em risco (ANA, 2025). O RSB também aponta a distribuição dessas estruturas em 24 unidades da federação e evidencia que barragens para disposição de rejeitos estão entre as estruturas que demandam maior atenção, reforçando a necessidade de uma melhor gestão com base no CRI e DPA (ANA, 2025).

Em paralelo, a literatura especializada recomenda fortalecer abordagens *risk-informed* para a segurança de barragens, nas quais a consequência (DPA) e indicadores de desempenho/condição (CRI) alimentem gatilhos operacionais proporcionais e verificáveis. Esse enfoque é consistente com a evolução internacional de gestão de risco em barragens (FELL et al., 2000; DE NEALE et al., 2019) e com o chamado de Morgenstern (2018) por uma cultura de segurança baseada em evidências e governança técnica robusta (MORGENSTERN, 2018).

Comparativamente, Canadá e Austrália oferecem referências úteis. As diretrizes da CDA e da ANCOLD operam com *consequence categories* (que variam de Baixo a Extremo/Muito Alto), vinculando esse enquadramento a mínimos mandatórios, por exemplo, *Dam Safety Reviews* periódicas por classe de consequência, instrumentação/monitoramento mínimos e escalonamento de auditorias independentes para categorias mais elevadas (CDA, 2013, 2016, 2021; ANCOLD, 2012, 2019). Adicionalmente, a *Global Industry Standard on Tailings Management* (GISTM) institucionaliza papéis como o *Engineer of Record* (EoR) e, para instalações de consequência muito alta, *Independent Review Boards*, reforçando a conexão entre consequência, governança e requisitos técnicos mínimos (GLOBAL TAILINGS REVIEW, 2020).

No Brasil, as atualizações regulatórias endereçam parte das críticas históricas, como maior clareza operacional e redução do espaço para interpretações divergentes, mas desafios persistem, incluindo a capacidade técnica para cumprir novas frequências de revisão/monitoramento e a necessidade de que a CRI influencie de modo mais decisivo a priorização de ações, superando a tendência de se privilegiar apenas o DPA (ANA, 2025; ANM, 2025).

Diante disso, este artigo parte da premissa de que a proporcionalidade técnica entre classificação (CRI + DPA) e ações de segurança ainda é insuficiente em parte do parque de barragens de mineração no país. A pesquisa (i) apresenta a evolução dos critérios de classificação; (ii) compara o arcabouço legal vigente com boas práticas internacionais e (iii) propõe ajustes para uma matriz integrada, com gatilhos automáticos de intensificação de monitoramento, maior rastreabilidade histórica e alinhamento a uma *risk-informed performance*, contribuindo para o aperfeiçoamento da governança de barragens de mineração no país (BRASIL, 2010; CNRH, 2024; ANM, 2022, 2025; ANA, 2025; CDA, 2013; ANCOLD, 2012; GLOBAL TAILINGS REVIEW, 2020).

2 EVOLUÇÃO DOS CRITÉRIOS EMPREGADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE MINERAÇÃO NO BRASIL

Em 2024, o CNRH promoveu ampla revisão nos critérios gerais de classificação de barragens no âmbito federal, introduzindo definições e métricas mais rigorosas e alinhadas às melhores práticas internacionais. Para o DPA, destaca-se a alteração do critério de "existência de população a jusante" para "potencial de perdas de vidas humanas", tendo sido considerado como fator de análise a presença de pessoas essenciais para a operação da barragem e diferenciação de população em áreas urbanas e rurais, aprimorando a sensibilidade do critério às características socioespaciais reais (CNRH, 2024). No critério "potencial de impacto ambiental" explicitou-se a consideração do *background* das áreas potencialmente afetadas, uma vez que estas já podem ter sido impactadas por eventos hidrológicos naturais. Além disso, foram citados como parâmetros a presença de áreas de proteção integral e uso sustentável, correlacionando-se à legislação de unidades de conservação; foram atualizados os conceitos de classificação de resíduos conforme ABNT, uma vez que foram revogadas as classes anteriormente adotadas (I, IIA e IIB); e foram abordados os rejeitos radioativos. Sob o aspecto de "potencial de impacto socioeconômico", a análise com base na presença de instalações deu lugar a consideração de característica de ocupação conforme o IBGE (aglomerado rural, áreas urbanizadas e não urbanizadas) além de abordar sobre a presença de serviços públicos essenciais (provimento de energia, água, saúde, comunicação e educação), patrimônio histórico ou sítios arqueológicos, comunidades tradicionais, terras indígenas ou quilombolas.

Com relação à abrangência das análises, antes os critérios eram verificados sob a ótima da "área afetada a jusante da barragem" definida pelo CNRH como "área, a jusante e a montante, potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem, cuja metodologia de definição de seus limites deverá ser determinada pelo órgão fiscalizador". Tal definição, que não foi correlacionado pela ANM com o conceito de Zona de Autossalvamento (ZAS), Zona de Segurança Secundária (ZSS) ou área de inundação, por exemplo, não se mostrava esclarecedora quanto ao limite de área a ser considerado na avaliação. Assim, o CNRH tratou de explicitar e diferenciar "área de inundação" e "área afetada", sendo o primeiro correspondente à área da mancha de inundação (ZAS + ZSS) e o segundo a área impactada incluindo propagação de rejeitos, sedimentos e resíduos em cursos d'água. Tal atualização tornou a definição do DPA mais clara e representativa do real alcance dos danos potenciais (CNRH, 2024).

No que se refere à Categoria de Risco (CRI), os mesmos pilares foram definidos: Características técnicas (CT), Estado de Conservação (EC) e Plano de Segurança de Barragens (PSB). Houve um incremento significativo do número de critérios de CT (de 3 para 11) e a classificação geral da CRI em Alta, Média e Baixa, passa a ser definida com base em indicadores de riscos específicos, a saber: risco geral, risco de percolação/conservação, risco de galgamento, risco gerencial e risco por falta de aderência de projeto.

Tal metodologia permite uma avaliação mais precisa do risco e se mostra mais aderente às recomendações internacionais, favorecendo classificações mais coerentes com o cenário real de risco e facilitando processos de priorização de investimentos e ações de segurança.

Tais atualizações foram absorvidas pela ANM na Resolução ANM nº 220/2025, que além da CRI e do DPA, propõe uma classificação quanto à Gestão Operacional, que considera aspectos relacionados ao envio de Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) e Declaração de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (DCO), pendências e atrasos nos Extratos de Inspeção Regular, existência de Engenheiro de Registros, Processo de Gestão de Risco e Centro de Monitoramento Geotécnico, divulgação de relatório anual de segurança da barragem e se possui certificação e/ou padrões da indústria (ISO 31.000, TSM ou GISTM). Tal classificação representa um avanço significativo para a segurança de barragens, pois introduz um eixo avaliativo baseado no desempenho real da estrutura e na qualidade da operação cotidiana, complementando os parâmetros tradicionais de CRI e DPA. Essa abordagem aproxima o modelo brasileiro de práticas internacionais ao privilegiar avaliações contínuas, auditorias independentes e revisões periódicas, garantindo maior imparcialidade e transparência no processo (ANM, 2025). Além disso, a Gestão Operacional reforça a lógica preventiva dos novos marcos regulatórios ao valorizar as documentações comprobatórias de segurança, operacionalidade e governança, reduzindo o risco de que estruturas com boas características de projeto, mas má operação, permaneçam subavaliadas tanto pelo empreendedor quanto pela agência fiscalizadora. Isso contribui diretamente para a mitigação de falhas operacionais, amplia a rastreabilidade técnica e fortalece a governança, promovendo decisões regulatórias mais proporcionais ao risco e mais alinhadas às condições reais do empreendimento.

É válido destacar, porém, que os empreendedores enfrentarão desafios relevantes relacionados à reclassificação das estruturas, devido ao novo regramento. A adoção dos novos critérios exige aprimoramento da instrumentação, atualização de modelos de ruptura, revisão de dados históricos e fortalecimento das rotinas de inspeção e manutenção. A necessidade de auditorias independentes e de envio digital de documentos aumenta o rigor técnico e demandará investimentos em qualificação de equipes e infraestrutura de monitoramento. Assim, embora o conjunto normativo avance no alinhamento a práticas internacionais, sua implementação requer capacidade operacional ampliada e mudança cultural por parte dos empreendedores, sobretudo na transição para uma governança de segurança baseada em desempenho e risco (ANM, 2025; CNRH, 2024).

3 COMPARATIVO ENTRE O ARCABOUÇO LEGAL VIGENTE E AS BOAS PRÁTICAS INTERNACIONAIS

O movimento brasileiro de revisão regulatória apresentado neste artigo evidencia uma aproximação com métodos mais robustos descritos por autores como Fell et al. (2000), que enfatizam a importância de classificar barragens com base em múltiplas dimensões de risco e em critérios suficientemente discriminatórios para suportar decisões técnicas confiáveis. A atualização normativa brasileira também dialoga com princípios de governança presentes nas análises de Morgenstern (2018), que destaca a necessidade de sistemas de segurança baseados em evidências e na verificação contínua da integridade estrutural (MORGENSTERN, 2018).

Atualmente, as barragens com DPA alto ou com alto potencial de perda de vidas humanas (DPA2 > 4), são sujeitas a obrigações mais rigorosas em termos de gestão de segurança e emergência, incluindo: tempo de retorno de 10.000 anos ou PMP (Precipitação Máxima Provável) para o sistema extravasor, monitoramento automatizado da instrumentação, videomonitoramento 24h por dia, Processo de Gestão de Risco (PGRBM), Relatório de Inspeção Regular semestral com emissão de DCE, implantação de sirenes com acionamento automatizado, promoção de treinamentos internos semestrais e Seminários Orientativos junto à população, Avaliação de Conformidade e Operacionalidade (ACO) do PAEBM e da Documentação Auxiliar de Emergência e designação de Engenheiro de Registro (EdR).

No cenário internacional, tanto a Canadian Dam Association (CDA) quanto a Australian National Committee on Large Dams (ANCOLD) utilizam matrizes de classificação baseadas em *consequence categories*, que consideram o potencial de perdas humanas, impactos ambientais, socioeconômicos e efeitos cumulativos, vinculando cada classe de consequência a requisitos mínimos mandatórios de segurança, como instrumentação adequada, frequência específica de inspeções e auditorias independentes periódicas (CDA, 2013; CDA, 2021). Esse entendimento reforça o que Vick (1990) já apontava em seu clássico trabalho sobre segurança de barragens: classificar apenas por consequência não é suficiente; é necessário vincular essa classificação a práticas de engenharia verificáveis e rotinas consistentes de monitoramento.

A principal diferença estrutural é que, enquanto a legislação brasileira separa formalmente CRI (risco) e DPA (consequência), modelos como CDA e ANCOLD utilizam a classificação por consequência como eixo organizador de um conjunto de obrigações técnicas mínimas que garantem níveis aceitáveis de segurança. Nos modelos canadenses, por exemplo, barragens classificadas como *High* ou *Extreme Consequence* devem obrigatoriamente ser submetidas a *Dam Safety Reviews*, possuir planos de inspeção específicos e manter supervisão contínua por profissionais qualificados (CDA, 2013; CDA, 2021). De modo semelhante, diretrizes da ANCOLD determinam que instalações de categoria elevada mantenham instrumentação funcional, sistemas de alerta e auditorias independentes escalonadas proporcionalmente ao nível de consequência (ANCOLD, 2012; ANCOLD, 2019).

A *Global Industry Standard on Tailings Management* (GISTM) reforça esse paradigma ao exigir, para instalações de alto potencial de dano, a presença mandatória de um *Engineer of Record* responsável pela conformidade técnica contínua e, para instalações de consequência muito alta, a constituição de um *Independent Review Board*, de modo a garantir independência e rigor no processo de avaliação. Documentos oficiais apresentados em workshops internacionais da ICOLD confirmam a adoção e expansão desses mecanismos de governança técnica (ICOLD, 2022).

Portanto, embora o Brasil tenha avançado de maneira expressiva ao atualizar seus critérios classificatórios com a Resolução CNRH nº 241/2024 e a Resolução ANM nº 220/2025, o modelo atual ainda mantém uma separação maior entre classificação e obrigações operacionais quando comparado às boas práticas internacionais. Autores como Fell et al. (2000) enfatizam que o desempenho de segurança depende de sistemas integrados de análise de risco, e não apenas de listas de obrigações, destacando que a prevenção de falhas requer avaliação contínua de modos de ruptura, controles operacionais verificáveis e revisão independente periódica da governança de segurança. Do mesmo modo, Morgenstern (2018) argumenta que desastres recentes demonstram que a cultura operacional - e não apenas a conformidade documental - é determinante para evitar falhas catastróficas. Nesse sentido, embora as exigências brasileiras avancem, elas ainda não incorporam plenamente a lógica de obrigatoriedade vinculada à classe de consequência, típica das práticas internacionais, nem integram o nível de detalhamento esperado em *frameworks* de risco como os aplicados na Austrália e no Canadá, onde a categorização por consequência funciona como motor estruturante de todas as demais obrigações de segurança.

4 PROPOSIÇÕES AO MODELO BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO E GESTÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

A evolução recente do arcabouço regulatório brasileiro - com a Resolução CNRH nº 241/2024 e a Resolução ANM nº 220/2025 - já indica um avanço significativo no alinhamento a referências internacionais. Contudo, ainda é necessário fortalecer a dinâmica de resposta, incorporando gatilhos automáticos de intensificação de monitoramento baseados não apenas na classificação estática de CRI e DPA, mas também no desempenho operacional contínuo da barragem. Experiências canadenses e australianas mostram que categorias de consequência mais elevadas exigem aumentos proporcionais e mandatórios na frequência de inspeções, nas auditorias independentes e na instrumentação ativa (CDA, 2013; ANCOLD, 2012). Essas práticas estão apoiadas pela literatura técnica, como Fell et al. (2000), que defendem que uma gestão eficaz de segurança deve responder dinamicamente às condições observadas, e não apenas a classificações periódicas.

A plena convergência com os padrões adotados por CDA, ANCOLD e GISTM dependerá da consolidação de um regime consistente de auditorias independentes e da maturidade das rotinas de monitoramento, aspectos reiteradamente defendidos por autores como Vick (1990) e Morgenstern (2018), para quem a cultura operacional é determinante na prevenção de falhas em barragens.

Cabe citar a importância de um regime regulatório que priorize rastreabilidade histórica plena e padronizada, garantindo que todos os dados relevantes (instrumentação, ensaios geotécnicos, inspeções, análises de estabilidade, eventos anômalos e intervenções corretivas) sejam consolidados em um sistema nacional unificado, interoperável com o SIGBM. Países como Canadá e Austrália adotam repositórios históricos obrigatórios, permitindo que revisões independentes e avaliações regulatórias sejam realizadas com base em séries de longo prazo, o que aumenta a capacidade de identificar tendências e precursores de falhas (CDA, 2021; ANCOLD, 2012). A literatura internacional reforça esse ponto: Vick (1990) destaca que a compreensão histórica do comportamento da barragem é essencial para diagnósticos robustos, enquanto

Morgenstern (2018) enfatiza que a falta de memória técnica institucional tem sido um fator crítico em desastres recentes.

Outro ajustamento necessário diz respeito à adoção de um modelo regulatório integralmente orientado a risco (*risk-informed performance*), no qual CRI e DPA deixam de ser apenas parâmetros classificatórios e passam a alimentar diretamente decisões operacionais mandatórias, tal como ocorre em estruturas reguladas pela CDA, ANCOLD e pelo GISTM. Esses modelos vinculam a classificação por consequência a requisitos mínimos de instrumentação, auditorias independentes não repetitivas e supervisão contínua por profissionais qualificados, como o *Engineer of Record* (EoR) e *Independent Review Boards* (GLOBAL TAILINGS REVIEW, 2020). A Resolução ANM nº 220/2025 avança nesse sentido ao exigir auditorias independentes e níveis de segurança, mas ainda não incorpora o equivalente ao papel do EoR, o que reduz a robustez da supervisão técnica contínua quando comparada aos padrões internacionais.

Por fim, recomenda-se a integração de modelos probabilísticos e análise integrada de riscos, de forma semelhante ao que é feito nas matrizes de consequência australianas e canadenses, que combinam avaliação de perda de vidas, impactos ambientais e fatores operacionais para orientar a tomada de decisão. Esses sistemas, ao acoplarem risco, consequência e desempenho, reduzem incertezas e sustentam medidas de prevenção mais eficazes (ANCOLD, 2012; CDA, 2013). A própria ICOLD argumenta que sistemas de segurança devem privilegiar abordagens quantitativas e qualitativas de risco, integrando múltiplas linhas de evidência para orientar intervenções operacionais e estruturais. Dessa forma, uma abordagem brasileira realmente alinhada à *risk-informed performance* deveria incorporar gatilhos automáticos vinculados ao comportamento observável da estrutura, séries temporais de segurança e revisões independentes contínuas, consolidando um sistema mais coerente com as melhores práticas globais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13028:2024 — Estabilidade de barragens. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17188:2024 — Estudo de ruptura hipotética de barragens de mineração. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Relatório de Segurança de Barragens 2024/2025. Brasília: ANA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

ANCOLD – AUSTRALIAN NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS. Guidelines on the Consequence Categories for Dams. Melbourne: ANCOLD, 2012.

ANCOLD – AUSTRALIAN NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS. Guidelines on Tailings Dams. Addendum, 2019. Melbourne: ANCOLD, 2019.

ANM – AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Resolução ANM nº 95, de 7 de fevereiro de 2022. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

ANM – AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Resolução ANM nº 220, de 16 de outubro de 2025. Brasília, 2025. Disponível em: <https://anmlegis.datalegis.net/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

BC-MFLNRO – MINISTRY OF FORESTS, LANDS AND NATURAL RESOURCE OPERATIONS. Downstream Consequence of Failure Classification Interpretation Guideline. Victoria, 2017. Disponível em: <https://www2.gov.bc.ca/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Política Nacional de Segurança de Barragens. Diário Oficial da União, Brasília, 21 set. 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

CDA – CANADIAN DAM ASSOCIATION. Dam Safety Guidelines. Edmonton: CDA, 2013.

CDA – CANADIAN DAM ASSOCIATION. Technical Bulletin: Tailings Dam Breach Analysis. Edmonton: CDA, 2021.

CNRH – CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução CNRH nº 241, de 10 de setembro de 2024. Diário Oficial da União, Brasília, 21 out. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/midr/cnrh/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

DE NEALE, S. T. et al. Current State-of-Practice in Dam Safety Risk Assessment. Oak Ridge: ORNL, 2019. Disponível em: <https://info.ornl.gov/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

FELL, R.; BOWLES, D.; ANDERSON, L.; HARTFORD, D. The Status of Methods for Estimation of the Probability of Failure of Dams for Use in Quantitative Risk Assessment. International Commission on Large Dams (ICOLD), 2000. Disponível em: <https://www.researchgate.net/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

GLOBAL TAILINGS REVIEW. Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM). 2020. Disponível em: <https://globaltailingsreview.org/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

ICOLD – INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. General Principles and Framework for Dam Safety. Draft Bulletin, 2020. Disponível em: <https://www.icold-cigb.org/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

ICOLD – INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. Tailings Dam Safety Bulletin. Workshop slides, 2022. Disponível em: <https://www.barrages-cfbr.eu/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

MORGENSTERN, N. R. Geotechnical Risk, Regulation, and Public Policy. Soils and Rocks, v. 41, n. 2, 2018. Disponível em: <https://www.soilsandrocks.com/>. Acesso em: 13 fev. 2026.

VICK, S. G. Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams. Vancouver: BiTech Publishers, 1990. Disponível em: <https://open.library.ubc.ca/>. Acesso em: 13 fev. 2026.