



## Grupo de Trabalho de Modelos Conceituais – *Boletim* Abril 2025 | Vol. 2, Ed. 1

**Organizadores:** Lélia Soares (Escola Politécnica-USP); Maíra Scarance (Archipel Consultoria); Pablo Yoshikawa (SBV Engenharia); Gabriela Pauptz Mendes (Escola Politécnica-USP); Lucas Andreatta (Geosyntec Consultants); Keyla da Silva Alves (Universidade Tecnológica Metropolitana-UTEM); Cláudia Gusmão (Universidade Federal Fluminense)

**Mensagem dos Autores:** A natureza iterativa dos modelos conceituais de área (MCA) para o gerenciamento de áreas contaminadas (GAC) tem sido objeto de discussões, cursos e publicações no GT de Modelos Conceituais da rede NICOLE Latin America desde 2017. Inspirado pelos desafios referentes ao gerenciamento de áreas contaminadas por atividades de mineração, o Grupo de Trabalho de Modelos Conceituais (GT-MCA) vem trazer neste 2º volume do Boletim contribuições acerca deste tema.

As atividades de mineração estão sujeitas a gerar grandes passivos ambientais que, geralmente, envolvem múltiplas fontes de contaminação, como a disposição inadequada de rejeitos e efluentes, ou ainda o potencial para efeitos de drenagem ácida e de lixiviação de metais potencialmente tóxicos para o solo, com consequente alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Ainda, pode ocasionar a degradação de habitats naturais decorrente da contaminação e possíveis efeitos de longo prazo para a saúde humana.

Nas últimas décadas o setor vem buscando uma transformação profunda das suas práticas, visando maior equilíbrio entre a exploração de recursos com a preservação do meio ambiente.

A reabilitação de áreas contaminadas pela mineração deve prever a execução de diversas atividades com etapas de gerenciamento específicas.

Neste contexto, é necessário investir em uma base de conhecimentos sólida, necessária para apoiar a gestão segura da mineração, não apenas em sua fase de encerramento, mas ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Para tanto, a construção e as atualizações do Modelo Conceitual para estas áreas são requisitos fundamentais para subsidiar as decisões ao longo das operações minerárias, com o objetivo de eliminar ou reduzir o seu impacto ambiental.

Este Boletim informa sobre legislações aplicáveis à mineração em áreas contaminadas no Brasil, Peru, Bolívia e Chile. No entanto, nenhuma delas apresenta enfoque específico em MCA. Também inclui depoimentos de profissionais sobre GAC e MCA na mineração.

**Fluxograma:** Edições do Volume 2 sobre MCA na Mineração



### LEGISLAÇÃO NO BRASIL:

Em relação ao GAC em atividades relacionadas à mineração, há poucas normativas que trazem o tema de forma específica. A grande maioria trata da recuperação das áreas impactadas pela mineração com ações voltadas para execução de obras de engenharia ou para a recuperação de áreas de preservação permanente, sobretudo na fase de fechamento de mina, explorando pouco os impactos decorrentes da contaminação, especialmente às relacionadas aos recursos hídricos.

Dentre as normativas, destacam-se :

#### • Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD)

O PRAD está previsto na Constituição Federal de 1988. Inicialmente, foi criado para o licenciamento de atividades de mineração, mas, com o tempo, passou a ser aplicado também para atividades agrícolas e agropecuárias.

#### • ABNT/ NBR 13030/1999

Estabelece diretrizes para elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pelas atividades de mineração, com objetivo de obter subsídios técnicos para a manutenção e/ou melhoria da qualidade ambiental, independente da fase de instalação do projeto.

#### • Normas reguladoras de mineração (NRM) 19, 20 e 21 de 2001

Trazem procedimentos administrativos e operacionais a respeito da disposição de estéril, rejeitos e produtos; do fechamento de mina; e da reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas.

#### • Resolução ANM no 95 de 2022

Define as medidas regulatórias aplicáveis para as barragens de mineração com normas que estabelecem o direcionamento de estudos técnicos como por exemplo, a classificação dos rejeitos ou sedimentos armazenados no reservatório segundo a norma ABNT/NBR 10.004.

### REFERÊNCIAS EM ESTADOS BRASILEIROS:

Na esfera estadual, como exemplos, Minas Gerais traz a **Deliberação Normativa COPAM nº 220** de 21/03/2018, que determina que todos os empreendimentos minerários, para encerrar as atividades, devem apresentar um Plano Ambiental de Fechamento de Mina (PAFEM) e o PRAD.

Já o estado de Santa Catarina, traz uma série de medidas para a recuperação de áreas contaminadas no contexto da extração de carvão mineral, por meio da **Instrução Normativa nº 74** de 2023. Esta normativa tem como objetivo dar diretrizes para a recuperação/gerenciamento de áreas contaminadas, que inclui desde a identificação até a reabilitação da área.

## Grupo de Trabalho de Modelos Conceituais - *Boletim* Abril 2025 | Vol. 2, Ed. 1

### EXEMPLOS NA AMÉRICA LATINA:

No **Peru**, a Lei Geral do Ambiente (Lei nº 28611), de 2005, trata dos planos de descontaminação e tratamento de passivos ambientais (Artigo 30). Os critérios para a gestão de áreas contaminadas foram aprovados pelo Ministério do Ambiente (MINAM) do Peru por meio do Decreto Supremo nº 012-2017-MINAM. Esse documento apresenta as três fases de avaliação das áreas potencialmente contaminadas, que consistem nas fases de identificação, de caracterização e da elaboração do plano dirigido à remediação. Já a Lei nº 28271 regulamenta os passivos ambientais da atividade de mineração.

Na **Bolívia**, a Lei do Meio Ambiente (Lei nº 1333), de 1992), consta no Compendio Normativo de Gestão Ambiental do país, que apresenta todas as regulamentações relacionadas à prevenção e controle ambiental, além do regulamento ambiental para atividades de mineração, entre outras. A primeira publicação relativa à gestão ambiental para atividades de mineração aconteceu em 1997, através do Decreto Supremo nº 24782, modificado pelo Decreto Supremo 28587, de 2006. O Decreto Supremo nº 24782 apresenta os procedimentos para obtenção do licenciamento ambiental, para o manejo dos resíduos sólidos e as concentrações máximas dos constituintes inorgânicos permitidos no lixiviado resultante da atividade minerária.

No **Chile**, a regulamentação ambiental em torno da potencial contaminação de solos proveniente da atividade mineradora e da gestão de rejeitos é ampla e está sob a supervisão de várias entidades governamentais. O Regulamento da Lei de Bases do Meio Ambiente (Decreto Supremo nº 95/2001) complementa essa lei e detalha os procedimentos para sua aplicação, incluindo a avaliação de impacto ambiental e a qualificação de projetos. A Lei de Encerramento de Atividades e Instalações Mineradoras (Lei nº 20.551) e seu regulamento correspondente (Decreto Supremo nº 104) estabelecem as obrigações dos titulares de concessões mineradoras quanto ao encerramento de atividades e instalações, incluindo a gestão de rejeitos e a restauração de áreas afetadas, desde o ano de 2014 em diante.

Todos os três países priorizam a importância de realizar avaliações ambientais detalhadas antes da implantação de empreendimentos minerários. A proteção aos recursos hídricos é uma preocupação compartilhada, com regulamentações focadas na gestão responsável da água.

Enquanto Peru e Bolívia enfatizam a conservação da biodiversidade, o Chile dá significativa ênfase aos padrões de qualidade do ar e práticas de mineração sustentável.

Mais informações referentes à legislação ambiental dos países mencionados neste Boletim podem ser encontrados em:

#### **Peru**

Mineração: <https://www.gob.pe/minem>

Meio Ambiente: <https://www.gob.pe/senace>

#### **Bolívia**

Mineração: <https://mineria.gob.bo/>

Meio Ambiente: <https://www.mmaya.gob.bo/>

#### **Chile**

Mineração: <https://www.gob.cl/en/ministries/ministry-of-mining/>

Meio Ambiente: <https://sea.gob.cl/>

### PUBLICAÇÕES DE REFERÊNCIA QUE ABORDAM O TEMA:

- Santos, J.A.G. Recuperação e reabilitação de áreas degradadas pela mineração (2017);
- Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração (2020);
- ICMM, UM, PRI. Global Industry Standard on Tailings Management. Global Tailings Review (2020);
- Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM. Livro Verde da Mineração do Brasil (2022);
- Gouvea, J.C.R.; Bertolo, R.A.; Hart, S.T. Development of an Integrated Management Strategy Model for Acid Mine Drainage Contaminated Areas Due Historical Coal Mining Activities in Santa Catarina Southern Brazil (2023);
- Global Reporting Initiative - GRI. GRI 14: Mining Sector 2024 (2024).

## Grupo de Trabalho de Modelos Conceituais - *Boletim* Abril 2025 | Vol. 2, Ed. 1

### O QUE PENSAM SETORES DA SOCIEDADE SOBRE GAC E MCA EM MINERAÇÃO:

#### Setor industrial:

Carlos Salas Davies (Chile)

Gerente de projetos para várias empresas de engenharia, com mais de 25 anos de experiência na indústria de mineração

*“A aplicação das leis ambientais na mineração é essencial para garantir a gestão adequada das áreas afetadas. As empresas devem seguir normas legais durante a construção e operação, assegurando que os projetos atendam às regulamentações. O planejamento deve incorporar critérios ambientais, e a operação requer monitoramento contínuo para garantir conformidade. Além disso, é fundamental realizar controles externos que validem a adesão às normas, assegurando a rastreabilidade e a responsabilidade no cumprimento da legislação ambiental.*

*Os desafios na representação de modelos conceituais de contaminação em áreas de mineração incluem que os modelos tenham credibilidade, rastreabilidade e conformidade com normas vigentes de qualidade. Os modelos devem fornecer dados operacionais que reflitam a dinâmica da operação, adaptando-se às condições reais. Além disso, devem alinhar-se com projeções e probabilidades de eventos futuros. Isso permitirá, em colaboração com os responsáveis pela planta, a geração de cenários futuros com base em amostras coletadas, abrangendo aspectos operacionais, legais e técnicos.”*

#### Setor industrial:

Giuliano B. Trindade (Brasil)

Gerente de Departamento de Geotecnia e Segurança de Barragens

*“A legislação do GAC em mineração estabelece limites para a gestão das águas e o monitoramento da percolação de rejeitos, considerando seu impacto na qualidade da água subterrânea e na hidrogeologia local. Entre os desafios está a vasta extensão das áreas de mineração, que dificulta a realização de estudos abrangentes. É necessário trabalhar os dados de forma a garantir sua representatividade, evitando extrapolações inadequadas.”*

#### Participe!

O GT de Modelos Conceituais, assim como diversas iniciativas da rede NICOLE Latin America, é realizado de maneira voluntária e visa integrar participantes da indústria, academia, órgãos reguladores e consultores para discussão, desenvolvimento e divulgação de boas práticas no gerenciamento de áreas contaminadas. Para participar, entre em contato com: [Luciana.Ferreira@ekosbrasil.org](mailto:Luciana.Ferreira@ekosbrasil.org)

#### Setor acadêmico:

Profa. Dra. Valéria G. S. Rodrigues (Brasil)

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP).

*“O GAC auxilia o gerenciamento de áreas impactadas pela mineração, principalmente em casos de contaminação por metais potencialmente tóxicos, de drenagem ácida de mina (DAM) e da disposição não adequada dos resíduos e rejeitos de mineração. Mundialmente existem milhares de áreas contaminadas por atividades de mineração que foram abandonadas.*

*Os modelos conceituais de contaminação na mineração devem considerar todas as fontes e receptores, reconhecendo a singularidade de cada local. É crucial incluir aspectos como geologia, hidrologia e geomorfologia. Estudos mineralógicos e geoquímicos, além de avaliações de bioacessibilidade, também são essenciais para entender os processos em curso. Os modelos devem ser genéricos, mas adaptados às particularidades de cada área contaminada.”*

#### Veja no próximo boletim:

A partir da seleção de estudos de caso envolvendo contaminação decorrente de atividades de mineração, a 2ª Edição do Boletim trará a elaboração do Modelo Conceitual de Área a partir de dados disponíveis, com foco na identificação de incertezas e de lacunas de informações, a fim de direcionar a elaboração de diretrizes para a construção do MCA em cada fase do empreendimento mineiro, desde a sua etapa de concepção até o plano de fechamento e sua reabilitação.

#### REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Mineração (ANM). Norma Reguladora de Mineração NRM 19/2001 - Disposição de Estéril, Rejeitos e Produtos. 2001.

Agência Nacional de Mineração (ANM). Norma Reguladora de Mineração NRM 20/2001 - Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das Operações Mineiras. 2001.

Agência Nacional de Mineração (ANM). Norma Reguladora de Mineração NRM 21/2001 - Reabilitação de Áreas Pesquisadas, Mineradas e Impactadas. 2001.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 13030:1999. Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração. 5p.

Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam). Deliberação Normativa Copam nº 220/2018. Estabelece diretrizes e procedimentos para a paralisação temporária da atividade minerária e o fechamento de mina, (...) – PAFEM. 21 de março de 2018.

Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA). Instrução Normativa nº 74/2023 Recuperação de Áreas Contaminadas. Abril de 2023.

ZWARG, J.G.R.M.. 2021. Avaliação dos Modelos Conceituais de Contaminação de uma Antiga Área de Mineração de Carvão no Sul do Estado de Santa Catarina. Trabalho de Graduação. Instituto de Geociências: USP. São Paulo. 51p.