



# **FECHAMENTO DE MINA: PLANEJAMENTO E GESTÃO**

**Marta Sawaya**

**CO-AUTORES**

**Bruno Miranda Camêlo  
Joaquim Pimenta de Ávila  
Lúcio Miranda Camêlo  
Paula Santana Diniz**

**2017**



## CO-AUTORES

### BRUNO MIRANDA CAMÊLO



Bacharel em Direito pela Faculdade de Direito do Vale do Rio Doce (FADIVALE). Especialista em Direito Eleitoral e Processo Eleitoral pelo Centro Universitário Claretiano (CEUCLAR). Juiz de Direito no Estado de Minas Gerais. Autor de monografia intitulada "Fechamento de Mina no Direito Brasileiro" (FADIVALE).

---

### JOAQUIM PIMENTA DE ÁVILA



Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Mestrado em Engenharia de Solo, Escola Politécnica da USP. Extensão em barragens de terra e enrocamento em Missouri University - USA. Engenheiro Chefe da Divisão de Barragens (1976 - 1978) na Promon Engenharia S.A - São Paulo - SP. Engenheiro Chefe do Departamento de Geotecnia (1978 - 1982) na IESA - Internacional de Engenharia - Rio de Janeiro - RJ. Diretor de Engenharia da ENGERIO - Rio de Janeiro - RJ (1982 - 1989).

Desde 1989 atua como Diretor e Engenheiro Consultor da Pimenta de Ávila Consultoria Ltda. em conceituação e inovações em sistemas de disposição de rejeitos, projetos de barragens de rejeitos e de acumulação de água, projetos de usinas hidrelétricas.

## **LÚCIO MIRANDA CAMÊLO**



Graduado em Engenharia de Minas pela UFMG. Atua como engenheiro consultor da empresa 3EM – Mineração e Geologia Ltda, fundada em Belo Horizonte/MG, que atua no mercado de mineração e meio ambiente com foco na regularização de empreendimentos mineiros junto aos órgãos ambientais, além de realizar projetos e estudos de engenharia voltados para mineração.

---

## **PAULA SANTANA DINIZ**



Graduada em Engenharia Química pela UFMG. Mestre em Engenharia Nuclear (UFMG). Especialista em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos (UFMG) e em Perícia e Auditoria Ambiental (IBPEX - Paraná). Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, atuando principalmente nos temas: áreas contaminadas, poluição hídrica, poluição atmosférica e valoração econômica de danos ambientais.

*A mineração é uma atividade que depende da ocorrência do recurso mineral, portanto, tem um tempo de vida limitado. Neste sentido, tanto a empresa como a comunidade dependem da oferta de recursos naturais disponíveis no local. Mas, há uma distinção significativa entre as duas: a empresa de mineração posteriormente fechará as operações e irá para outro lugar, enquanto a comunidade permanecerá ali.*



## PREFÁCIO

A mineração é uma atividade realizada no Brasil desde o período colonial e, ainda hoje, é responsável por uma considerável parcela do PIB nacional, gerando renda, emprego e desenvolvimento. Ao mesmo tempo, interfere profundamente no meio ambiente e nos aspectos socioeconômicos do local onde atua.

É uma atividade com duas características peculiares que a diferencia de muitas outras atividades econômicas: rigidez locacional e tempo de vida limitado. Ambas as características estão associadas à ocorrência do corpo mineral (jazida). Portanto, desde que se vislumbra a possibilidade de aproveitar economicamente uma ocorrência mineral já se tem ideia que a atividade ocorrerá exatamente naquele local, por um determinado período de tempo e depois cessará.

Até bem pouco tempo, quando uma companhia mineradora perdia o interesse por uma área, seja por exaustão do minério ou por fatores de ordem financeira e administrativa, a área era praticamente abandonada, deixando a mercê do tempo o encargo de recuperação.

O fato de atuar especificamente no Estado das Minas Gerais, local com tradição de mineração, corroborou para confirmar a importância do planejamento estruturado e realista do fechamento de mina - desde a concepção do empreendimento até o pós-fechamento. Os passivos indesejáveis da mineração podem perdurar por séculos, inviabilizando o uso pós-mineração de áreas que antes ofereciam condições plenas de aproveitamento.

Só recentemente, planejar o fechamento de mina vem se tornando uma rotina nas empresas de mineração. Em muitos casos ainda, esse planejamento serve apenas como um dispositivo a ser cumprido para atendimento das obrigações

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

legais, sem o menor compromisso com a solução efetiva do problema.

Como analista do Ministério Público Estadual, tive oportunidade de analisar muitos planos de fechamento apresentados pelas mineradoras. Porém, só uma restrita minoria atendia ao que se pretende na íntegra. Geralmente, os planos de fechamento tratam as questões de forma generalista, usando muito a literatura corrente, mas entrando pouco nas questões relevantes e específicas de cada empreendimento.

Um fato, particularmente, chama a atenção nos planos de fechamento analisados: a grande maioria trata o fechamento de mina como um plano de recuperação de áreas degradadas, sem se ater aos aspectos socioeconômicos e sem tratar as estruturas geotécnicas com o grau de profundidade e engenharia necessário.

Na tentativa de contribuir para melhoria do planejamento do fechamento de mina, com o irrestrito apoio do Ministério Público, este trabalho foi elaborado ressaltando os aspectos que a experiência permitiu observar serem merecedores de uma atenção especial.

Na concepção inicial do livro, a dissertação defendida por mim na conclusão do curso de mestrado foi a linha mestra desta publicação, apenas adequando o formato para o objetivo pretendido.

Porém, no desenvolvimento deste trabalho, ficou evidenciado que alguns importantes aspectos necessitavam ser incluídos e detalhados com profundidade. Sem esse aprofundamento, corre-se o sério risco de insucesso no momento de implantar o fechamento de qualquer mina. Por se tratar de temas muito especializados, foram feitos convites a profissionais reconhecidamente conhecedores de cada um dos assuntos, que gentilmente aceitaram contribuir com seus



## PREFÁCIO

---

valiosos textos, somando e enriquecendo esta publicação, conforme apresentado a seguir.

Tendo em mente que a escolha do tipo de uso futuro vai condicionar todo o planejamento do fechamento de mina, o Engenheiro de Minas Lúcio Miranda Camêlo desenvolveu uma profícua pesquisa sobre as possibilidades de **uso futuro das áreas degradadas pela mineração**, apresentando soluções variadas e, até mesmo inusitadas, que vêm sendo praticadas e cogitadas no mundo.

Sabendo ser necessário ter pleno conhecimento dos **aspectos legais relacionados ao fechamento de mina** para planejar e implantar essa etapa, este tema recebeu um capítulo à parte, elaborado pelo Juiz de Direito do Tribunal de Justiça de Minas Gerais, Dr. Bruno Miranda Camêlo, que detalhou com brilhantismo a legislação vigente no Brasil.

O **fechamento de estruturas geotécnicas**, que é uma área extremamente especializada, tem sido uma das maiores dificuldades técnicas enfrentadas no fechamento das minas. O capítulo elaborado pelo Engenheiro Geotécnico Joaquim Pimenta de Ávila, Diretor-Presidente da Pimenta de Ávila Consultoria, abordou o assunto de forma inédita e com muita profundidade, trazendo um diferencial importante para este livro, tendo em vista a ausência de literatura com este enfoque.

Outro grande obstáculo para planejar e implantar o fechamento de mina com sucesso é a **gestão de áreas contaminadas**. As publicações sobre o assunto são raras e incompletas. Para dirimir essa dificuldade, a Engenheira Química Paula Santana Diniz forneceu uma valiosa contribuição, repassando sua rica experiência no Ministério Público, onde atua nas questões relativas aos passivos ambientais da mineração decorrentes de contaminação química.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO.....</b>                            | <b>1</b>  |
| <b>1. PLANO DE FECHAMENTO DE MINA.....</b>        | <b>9</b>  |
| <b>1.1 DEFINIÇÃO DA EQUIPE .....</b>              | <b>10</b> |
| <b>1.2 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS.....</b>           | <b>11</b> |
| <b>1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....</b>            | <b>12</b> |
| <b>1.4 CARACTERIZAÇÃO DA MINA.....</b>            | <b>13</b> |
| <b>1.5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....</b>             | <b>16</b> |
| NAS CAVAS A CÉU ABERTO.....                       | 17        |
| NAS MINAS SUBTERRÂNEAS: .....                     | 17        |
| NAS BARRAGENS DE REJEITOS:.....                   | 18        |
| NAS BARRAGENS DE ÁGUA.....                        | 18        |
| NAS PILHAS DE ESTÉRIL:.....                       | 18        |
| NAS UNIDADES DE TRATAMENTO.....                   | 18        |
| <b>2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO.....</b>     | <b>23</b> |
| <b>2.1 USO FUTURO DE CAVAS A CÉU ABERTO .....</b> | <b>25</b> |
| PEDREIRA DE CALCÁRIO DE TOD INLET – CANADÁ .....  | 26        |
| CAVA DA MINA DE ÁGUAS CLARAS.....                 | 27        |
| PEDREIRA ADVENTURE PARK.....                      | 29        |
| CAVA DE MINA DE CARVÃO.....                       | 30        |
| OUTRA CAVA DE CARVÃO .....                        | 33        |
| PEDREIRA ABANDONADA EM XANGAI – CHINA.....        | 35        |
| MINA DE CORNALLES CAULIM – PROJETO ÉDEN .....     | 37        |
| NOVOS USOS PARA CAVAS.....                        | 38        |
| <b>2.2 USO FUTURO DE MINAS SUBTERRÂNEAS .....</b> | <b>40</b> |

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

|  |           |
|--|-----------|
| BRITANNIA MINE – CANADÁ .....                              | 40        |
| MINA DE PASSAGEM – MARIANA - MG .....                      | 41        |
| MINAS DE SAL LOCALIZADAS EM TURDA - ROMÊNIA .....          | 42        |
| MINA DE SAL DE WIELICZKA – POLÔNIA.....                    | 45        |
| COOBER PEDY, AUSTRÁLIA.....                                | 45        |
| <b>2.3 USO FUTURO DAS BARRAGENS DE MINERAÇÃO.....</b>      | <b>47</b> |
| ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE PISCICULTURA.....                  | 48        |
| ÁREA DE PASTAGEM .....                                     | 49        |
| BARRAGEM ARMAZENANDO MATERIAL CONTAMINANTE .....           | 50        |
| FECHAMENTO APÓS ACIDENTE.....                              | 51        |
| <b>2.4 USO FUTURO DE UTM E ÁREAS DE APOIO.....</b>         | <b>54</b> |
| FERROBEL.....  | 54        |
| <b>2.5 USO FUTURO DE PILHAS DE ESTÉRIL / REJEITO .....</b> | <b>57</b> |
| PILHAS DE ESTÉRIL - SIDERÓPOLIS/ SC.....                   | 57        |
| <b>2.6 PREPARAÇÃO PARA REABERTURA DE MINAS .....</b>       | <b>58</b> |
| <b>3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO.....</b>               | <b>61</b> |
| <b>4. ÁREAS DEGRADADAS.....</b>                            | <b>77</b> |
| <b>4.1 PRINCÍPIOS - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS .....</b>         | <b>78</b> |
| PRIMEIRO PRINCÍPIO: SUBDIVISÃO DA ÁREA TOTAL .....         | 78        |
| SEGUNDO PRINCÍPIO: RECUPERAÇÃO PROGRESSIVA.....            | 79        |
| <b>4.2 UNIDADES DE RECUPERAÇÃO DE UMA MINA .....</b>       | <b>79</b> |
| ÁREAS LAVRADAS.....  | 79        |
| ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....               | 80        |
| LOCAIS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NOVA.....                       | 81        |
| ÁREAS DE INFRA-ESTRUTURA .....                             | 81        |

## SUMÁRIO

|  |            |
|--|------------|
| <b>4.3 FECHAMENTO PROGRESSIVO .....</b>  | <b>82</b>  |
| FECHAMENTO PROGRESSIVO DE CAVAS.....   | 82         |
| FECHAMENTO PROGRESSIVO DE PILHAS.....  | 85         |
| <b>4.4 REMINING PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS .....</b>                                | <b>87</b>  |
| <b>5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS.....</b>                                | <b>95</b>  |
| <b>5.1- BARRAGENS DE REJEITOS.....</b>   | <b>95</b>  |
| INTRODUÇÃO E CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....   | 95         |
| ASPECTOS CRÍTICOS DO FECHAMENTO DE BARRAGENS DE<br>REJEITOS.....                   | 101        |
| <b>5.2-PILHAS DE ESTÉRIL E TALUDES.....</b>  | <b>111</b> |
| ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....  | 112        |
| ESTABILIDADE DA PILHA .....  | 113        |
| DRENAGEM SUPERFICIAL .....   | 114        |
| PILHA COM MATERIAIS CONTAMINANTES .....  | 116        |
| TALUDES.....   | 116        |
| <b>5.3 CAVAS.....</b>  | <b>120</b> |
| HIDROGEOLOGIA.....   | 120        |
| ESTABILIDADE DOS TALUDES DA CAVA .....   | 122        |
| <b>6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS.....</b>  | <b>127</b> |
| ESTUDO DE CASO: REMEDIAÇÃO DE DEPÓSITOS DE<br>REJEITOS DA MINA DE MORRO VELHO..... | 151        |
| <b>7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....</b>   | <b>157</b> |
| <b>7.1 IDENTIFICAÇÃO DA COMUNIDADE .....</b>                                       | <b>163</b> |
| <b>7.2 ENVOLVIMENTO DA COMUNIDADE.....</b>   | <b>164</b> |

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

|  |            |
|--|------------|
| <b>7.3 PROGRAMAS SOCIOECONOMICOS.....</b>  | <b>166</b> |
| RIDGEWAY MINE - EUA.....   | 167        |
| ISLAND COPPER MINE - CANADÁ.....   | 167        |
| MINA INTI RAYMI - BOLÍVIA.....   | 168        |
| VOTORANTIM METAIS - MG.....  | 169        |
| <b>8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO.....</b>   | <b>173</b> |
| <b>8.1 TEMPO DE MONITORAMENTO DO FECHAMENTO ....</b>                             | <b>174</b> |
| <b>8.2 INDICADORES DE SUCESSO DO FECHAMENTO.....</b>                             | <b>175</b> |
| <b>8.3 INDICADORES DE ESTABILIDADE QUÍMICA.....</b>                              | <b>179</b> |
| QUALIDADE DA ÁGUA.....   | 179        |
| QUALIDADE DO SOLO .....  | 180        |
| QUALIDADE DO AR.....   | 180        |
| <b>8.4 INDICADORES DE ESTABILIDADE FÍSICA E DE<br/>SEGURANÇA HIDRÁULICA.....</b> | <b>181</b> |
| <b>8.5 INDICADORES DE ESTABILIDADE BIOLÓGICA.....</b>                            | <b>182</b> |
| AVANÇO DA REVEGETAÇÃO DO SOLO .....  | 183        |
| DIVERSIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DA FLORA.....   | 183        |
| RETORNO E DIVERSIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DA FAUNA.....                               | 183        |
| <b>8.6 INDICADORES DE ESTABILIDADE SOCIOECONÔMICA<br/>.....</b>                  | <b>184</b> |
| <b>8.7 OUTROS INDICADORES .....</b>  | <b>185</b> |
| ESTABILIDADE GEOTÉCNICA.....   | 185        |
| SEGURANÇA PÚBLICA .....  | 185        |
| EQUILÍBRIO HIDROGEOLÓGICO .....  | 185        |
| <b>9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS.....</b>                                  | <b>189</b> |

## SUMÁRIO

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>9.1 MODALIDADES DE GARANTIAS FINANCEIRAS.....</b>  | <b>191</b>        |
| PAGAMENTO ANTECIPADO .....                            | 192               |
| GARANTIA BANCÁRIA.....                                | 193               |
| FUNDO DE RESERVA DA PRÓPRIA EMPRESA.....              | 194               |
| SEGURO.....   | 194               |
| <b>9.2 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DO FECHAMENTO .....</b>  | <b>198</b>        |
| <b>9.3 FATORES CONSIDERADOS NOS CÁLCULOS.....</b>     | <b>200</b>        |
| <b>9.4 METODOLOGIAS DE CÁLCULO .....</b>              | <b>204</b>        |
| <b>9.5 RISCOS DO PLANEJAMENTO À IMPLANTAÇÃO .....</b> | <b>207</b>        |
| <b><i>10. CONTRA A HERANÇA DE PASSIVOS.....</i></b>   | <b><i>211</i></b> |
| 10.1 LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....                     | 212               |
| 10.2 AUDIÊNCIAS PÚBLICAS .....                        | 215               |
| 10.3 AÇÃO CIVIL E MANDADO DE SEGURANÇA .....          | 216               |
| 10.4 INSTRUMENTOS DE GESTÃO AMBIENTAL.....            | 217               |
| <b><i>11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</i></b>    | <b><i>225</i></b> |

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---



## INTRODUÇÃO

---

A mineração é uma atividade industrial que causa profundas mudanças nas características do meio ambiente e no aspecto socioeconômico da região onde atua.

A despeito da importância que assume para a sociedade, esta atividade tem um tempo de vida limitado, que depende do volume de material economicamente aproveitável existente em um determinado local.

Assim, é importante ter em mente que a mineração é uma atividade com princípio, meio e fim bem definidos.

O nome **fechamento de mina** engloba as etapas de paralização das atividades, desmobilização das estruturas, recuperação e estabilização da área degradada, mitigação dos impactos socioeconômicos nas comunidades afetadas, além do monitoramento. Este último deve ser estendido até a comprovação do sucesso das medidas implantadas.

O planejamento para o fechamento deve estar presente em todas as etapas de vida da mina, preliminarmente, em nível conceitual e, depois, progressivamente, em forma de projeto detalhado.

Considerando o raciocínio de finitude das minas, as etapas de sua existência podem ser divididas em:

- a) **Viabilidade e planejamento** – com os objetivos de localizar, caracterizar e avaliar as ocorrências minerais, planejando a exploração desses recursos com enfoque na sustentabilidade econômica e ambiental e na exequibilidade da lavra.
- b) **Implantação** – caracterizada pela preparação do local e da jazida para que a lavra possa ocorrer efetivamente.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

- c) **Operação** – que corresponde ao desenvolvimento das atividades de lavra sem perder de vista a reabilitação ambiental, permitindo o controle dos impactos ambientais produzidos pelas atividades extrativas e facilitando o processo de fechamento da mina.
- d) **Fechamento** – constitui a etapa na qual não mais ocorre a extração do minério, mas continuam as atividades de recuperação ambiental sobre os meios físico, biótico e antrópico das áreas de influência do empreendimento, além do desenvolvimento de programas socioeconômicos.
- e) **Pós-fechamento** – Corresponde ao período em que ações de fechamento já foram implementadas, porém, ainda é necessário que o tempo aja consolidando os efeitos das medidas de fechamento. O objetivo dessa etapa é a comprovação do sucesso da implantação das medidas que foram propostas para a fase de fechamento e a certificação de que a área se tornou apta para o uso futuro que foi planejado. Só então, a saída definitiva do empreendedor deve ocorrer e a transferência de custódia da área poderá se efetivar por completo.
- f) **Transferência de Custódia** - O ciclo de vida da mina se encerra com a transferência de custódia, após a área estar apta ao uso futuro pretendido. Ou seja, quando as obrigações legais e os critérios de sucesso previamente estabelecidos forem atendidos, tornando possível que um terceiro assuma a responsabilidade pelo cuidado da área.

Em seu estágio conceitual, um plano de fechamento de mina pode propor mais diretrizes do que detalhar ações, sem perder de vista os objetivos básicos do fechamento. À medida que a vida da mina vai evoluindo, o plano de fechamento vai sendo

## INTRODUÇÃO

detalhado, com a definição de marcos para aprimoramento dos métodos a serem adotados e revisão dos resultados de monitoramento para a validação do fechamento.

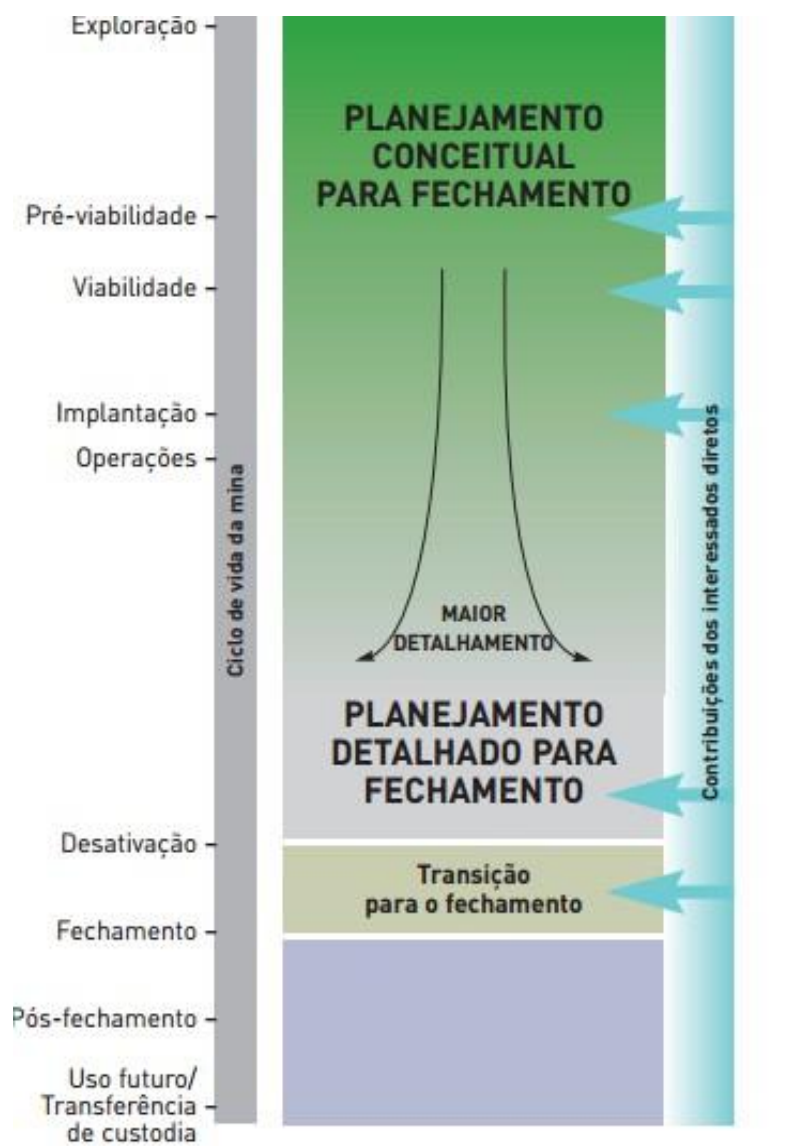
Na figura 0.1, pode-se observar a integração entre o planejamento para fechamento e o ciclo de vida em que a mina se encontra.

O processo do fechamento de mina passa por três estágios, que não apresentam uma distinção muito clara entre si e muitas vezes podem ocorrer concomitantemente:

**1º Estágio ⇒ Planejamento:** O planejamento do fechamento deve acontecer o mais cedo possível, de preferência integrado ao planejamento da própria mina, com:

- ⇒ objetivos gerais voltados para a minimização dos impactos físicos, químicos, biológicos, econômicos e sociais decorrentes do fechamento da mina;
- ⇒ foco na garantia da segurança, da saúde da população e da autossustentabilidade física, química, biológica e social da área de influência;
- ⇒ atualizações e correções de acordo com as alterações que a atividade de mineração vai sofrendo ao longo de sua vida.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figura 0.1:** Planejamento para fechamento integrado ao ciclo de vida da mina

Fonte: ICMM (2008)

## INTRODUÇÃO

**2º Estágio ⇒ Ações Efetivas:** O conjunto de ações com vistas à reabilitação da área para o novo objetivo escolhido, assim como da mitigação dos impactos socioeconômicos, deve ser adotado e implantado desde o início do empreendimento até cessar as atividades de mineração, culminando na etapa após a paralização das atividades de lavra no local.

**3º Estágio ⇒ Monitoramento e Manutenção:** Acontece em toda a vida da mina, mas é intensificado no período de reabilitação e no pós-fechamento. Deve ser prolongado até ser possível demonstrar e garantir que o sucesso do fechamento da mina foi atingido.

Estabelecer um tempo suficiente para monitorar o fechamento de uma mina tem sido uma preocupação dos órgãos reguladores e das instituições representativas dos mineradores. Entretanto, esse tempo vai depender de inúmeros fatores inerentes a cada mina e à situação de cada empreendimento. Na prática, percebe-se que é eficiente e realista estabelecer objetivos a serem alcançados com o fechamento, no lugar de definir o tempo de monitoramento.

A consciência da filosofia do fechamento de mina, por parte de todos os envolvidos, tem motivado um esforço conjunto, provocando ajustes nos projetos de mineração, desde sua implantação até sua desativação e fechamento, bem como nos ordenamentos jurídicos que interferem nesse aspecto no Brasil.

As exigências legais vêm se aprimorando aqui e no quadro mundial, sendo o aumento de exigências uma tendência irreversível.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

Afortunadamente, a imagem pública das empresas mineradoras está muito vinculada à responsabilidade socioambiental que elas demonstram. Por esse motivo, muitas vezes as empresas se antecipam às exigências legais e implementam ações proativas.

O presente trabalho encontra-se dividido em capítulos que discutem o planejamento, a escolha do uso futuro, o arcabouço legal que rege o fechamento, as ações de recuperação, o fechamento das estruturas geotécnicas, a gestão de áreas contaminadas, as variáveis socioeconômicas, além da avaliação e da gestão dos recursos financeiros.

Assim, deseja-se que as discussões aqui propostas, contribuam para que o fechamento de mina seja cada vez menos traumático e mais voltado para um novo uso autossustentável da área onde funcionou o empreendimento. Almeja-se ainda propor reflexões que balizem novos projetos de mineração e reforcem o entendimento de que é necessário haver diretrizes claras e uma legislação eficiente, com dispositivos e mecanismos suficientes para que todos os agentes cumpram bem o seu papel.

## INTRODUÇÃO

---

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

---



PEDREIRA MOSOLE (SPRESIANO, ITÁLIA)

Fonte: Bastos e Silva, 2006



## **1. PLANO DE FECHAMENTO DE MINA**

---

### **1. PLANO DE FECHAMENTO DE MINA**

O tempo de vida limitado dos empreendimentos minerários e as profundas mudanças no meio físico e socioeconômico onde atuam tornam imprescindível que esse tipo de empreendimento planeje a fase de fechamento de modo integrado ao próprio projeto de mineração, devendo ter início ainda na fase de análise da viabilidade econômica do empreendimento, quando começam as análises dos impactos que ocorrerão.

Importante também, que os órgãos reguladores (Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM e órgãos ambientais) analisem, julguem e fiscalizem esses empreendimentos considerando o planejamento do desenvolvimento da mina integrado ao planejamento de seu fechamento.

Para atingir os propósitos esperados, o planejamento do fechamento de uma mina deve percorrer as seguintes etapas:

- a) compreensão da legislação vigente;
- b) definição da equipe;
- c) definição dos objetivos;
- d) caracterização da área;
- e) caracterização da mina;
- f) descrição dos passivos ambientais e socioeconômicos;
- g) seleção das alternativas de uso futuro da área;
- h) seleção dos parâmetros que devem ser monitorados, de forma que, ao final do fechamento, eles possam servir de indicadores do grau de sucesso atingido;
- i) escolha das medidas a serem adotadas para a recuperação ambiental das áreas degradadas pela atividade mineral;

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

- j) elaboração de programas para minimização de impactos socioeconômicos;
- k) definição dos requisitos técnicos para o plano de recuperação ambiental;
- l) estimativa de custos e construção de garantias financeiras.

Os aspectos ligados à legislação vigente, alternativas de uso futuro, parâmetros de monitoramento, medidas de recuperação ambiental, impactos socioeconômicos, estimativas de custos e construção de garantias financeiras serão tratados em capítulos a parte.

### **1.1 DEFINIÇÃO DA EQUIPE**

Para planejar bem o fechamento de mina é necessário que a escolha da equipe seja criteriosa. A experiência pessoal de cada membro conta muito. Na prática, o que se tem visto, é a ocorrência de erros grosseiros no momento de implantar as ações, que custam muito caro aos empreendedores e que poderiam ser evitados se a equipe de planejamento fosse mais experiente.

A cultura de ter equipes voltadas para a elaboração de planos de fechamento que apenas facilitem os trâmites legais, sem a preocupação de representar a realidade, deve ser abandonada definitivamente. Este tipo de equipe, apesar de aparentemente ágil e econômica na fase de obtenção das licenças ambientais, pode prejudicar tanto a sociedade, quanto o próprio proprietário da mina no momento de implantar o fechamento.

Nos momentos da elaboração e das atualizações do plano de fechamento a experiência da equipe é valiosa, tanto para visualizar soluções eficazes em cada situação, como para estimar os custos com o fechamento.

## **1. PLANO DE FECHAMENTO DE MINA**

Além dos aspectos técnico-econômicos, a equipe deve ficar atenta à vocação local e regional, assim como às expectativas das comunidades afetadas.

Espera-se da equipe que planeja o fechamento de uma mina que seja capaz de, no mínimo:

- a) prever e avaliar impactos ambientais (no solo, na água, no ar e na biota);
- b) prever e avaliar impactos no âmbito socioeconômico;
- c) propor medidas para prevenir, mitigar e reparar os impactos causados ao meio ambiente;
- d) elaborar programas socioeconômicos voltados para a minimização do impacto da desativação de uma mina e para a sustentabilidade de uma atividade econômica que venha substituir a mineração no local de abrangência;
- e) estimar custos desde a fase conceitual do Plano de Fechamento;
- f) relacionar-se com facilidade com a comunidade e as lideranças locais e regionais.

### **1.2 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS**

A definição dos objetivos é uma importante fase do trabalho, pois influenciará o plano de fechamento como um todo. Os objetivos devem ser definidos claramente antes da elaboração do plano de fechamento.

Apesar das peculiaridades de cada empreendimento mineiro, algumas premissas básicas devem nortear todos planos de fechamento, conforme comentado a seguir.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

A **área afetada pela atividade de mineração** deve oferecer, após o fechamento, condições plenas de segurança e saúde pública ao longo do tempo.

Os **agentes de deterioração química ou física** devem ser identificados e contidos. Nesses aspectos, algumas situações não podem ser descuidadas, tais como: a identificação de potenciais fontes de contaminação (especialmente em cavas, barragens, pilhas, oficinas mecânicas, postos de combustíveis, entre outros); a preocupação em proteger os locais onde há exposição de solo; a verificação da estabilidade dos taludes; a capacidade de passagem de cheias em estruturas hidráulicas que remanescerem e o restabelecimento da drenagem natural de toda a área.

O **uso futuro da área** deve ser benéfico e sustentável ao longo do tempo e a recomposição da vegetação deve ser buscada sempre que o uso previsto permitir.

Os **impactos socioeconômicos advindos do fechamento** devem ser minimizados, enquanto os benefícios socioeconômicos devem ser maximizados.

### 1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A caracterização da área constitui um detalhamento sob os pontos de vista regional e local dos **aspectos físicos** (detalhando clima, fisiografia, geologia, geomorfologia, hidrogeologia, hidrologia, pedologia); **bióticos** (identificando biomas e detalhando a flora e a fauna) e **antrópicos** (no que diz respeito aos aspectos socioeconômicos, legais e patrimoniais identificando os proprietários das terras, os limites dessas propriedades, além de descrever a localização da área, e seus principais elementos).

## **1. PLANO DE FECHAMENTO DE MINA**

É importante que se caracterize com o máximo de dados possíveis as intervenções realizadas na área durante a vida útil da mina. O EIA/RIMA e os dados do programa de monitoramento vão formar bancos de dados para essa etapa.

A seguir são listadas as informações que devem ser apresentadas, incluindo os desenhos e plantas adaptado do Termo de Referência (SEMAD, 2009):

- a) Limites do empreendimento, uso e ocupação do solo (incluindo o entorno) e vias de acesso.
- b) Unidade(s) operacional(is), de apoio, equipamentos, de estocagem de insumos e produto.
- c) Corpo(s) hídrico(s) receptor(es) do(s) efluente(s) final(is) e o(s) respectivo(s) ponto(s) de lançamento.
- d) Pontos de amostragem de água e de ar, para fins de monitoramento dos padrões de qualidade.
- e) Área de risco, definida no estudo de análise de riscos de acidentes.
- f) Unidades de Conservação, áreas de Reserva Legal, áreas tombadas e outras áreas protegidas que se encontrem dentro do limite legal do empreendimento, ou nas suas imediações.
- g) Mananciais de abastecimento público.
- h) Cavidades Subterrâneas.
- i) Sítio(s) arqueológico(s) e/ou espeleológico(s).

### **1.4 CARACTERIZAÇÃO DA MINA**

Compreende a identificação do empreendimento, sua situação frente ao DNPM e aos órgãos ambientais, bem como a descrição de todas as atividades desenvolvidas na área ao longo da atividade de mineração.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

Neste quesito, também devem ser disponibilizadas plantas de detalhe, em escalas adequadas para visualização e relatórios com informações detalhadas, conforme apresentado a seguir (SEMAD, 2009):

- a) Relatório dos trabalhos efetuados, resumindo a vida útil da mina.
- b) Caracterização das reservas remanescentes, se ainda restarem.
- c) Descrição do processo de beneficiamento, detalhando todas as etapas do fluxograma correspondente.
- d) Detalhamento dos métodos de lavra utilizados durante a vida útil do empreendimento, incluindo as dimensões da área total de lavra, o número de bancos existentes e suas dimensões. No caso de mina subterrânea informar a profundidade máxima, níveis, dimensão de galerias, drenagem, entre outros.
- e) Mapeamento das **áreas de lavra** (com o avanço projetado para o horizonte do fechamento das cavas, pilhas e barragens), das **áreas reabilitadas** (em reabilitação ou projetadas para reabilitação no horizonte do fechamento) e **áreas com passivo ambiental**.
- f) Detalhamento das pilha(s) ou depósito(s) de estéril e rejeito. Para todas essas estruturas devem constar informações sobre a localização, área ocupada, material armazenado ou utilizado na implantação, altura, volume, sistemas de controle existentes, estágio atual do processo de reabilitação, etc.
- g) Detalhamento das barragem(s) de contenção de rejeitos dos diques de contenção de sedimentos e barragens de abastecimento de água. Para todas essas estruturas devem constar informações sobre a localização, área ocupada, material armazenado ou utilizado na

## 1. PLANO DE FECHAMENTO DE MINA

---

implantação, altura, volume, possíveis modos de falhas, estado de conservação, resultados das auditorias recentes, sistemas de controle existentes, se estão em operação e/ou desativadas, estágio atual do processo de reabilitação, etc.

- h) Planta e descrição das instalações de beneficiamento, pátios de estocagem de insumos e produtos, edificações de apoio (como escritórios, oficinas, refeitórios), posto de abastecimento, tanque de estocagem de produtos químicos, paióis de explosivos e outros.
- i) Planta e projetos futuros do sistema de drenagem das águas pluviais e efluentes.
- j) Planta com localização dos pontos de captação de água; pontos de geração de esgotos sanitários e efluentes líquidos.
- k) Sistemas de tratamento de efluentes sanitários e industriais.
- l) Apresentação de todos os levantamentos topográficos da mina e atualização da planta topográfica de acordo com a situação real em cada momento de atualização.
- m) Estudos e programas de contenção de emissões atmosféricas, de resíduos sólidos e de emissão de ruídos.

À medida que o final da vida útil das estruturas geotécnicas típicas dessa atividade (cavas, pilhas e barragens) se aproxima, as descrições devem ser mais detalhadas para servir de subsídio na elaboração de projetos de engenharia que visem à estabilização dessas estruturas e à integração dos locais onde estão inseridas no plano de uso futuro.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

### **1.5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

Esta etapa é dedicada à identificação de todos os locais onde se farão necessárias intervenções corretivas, fornecendo dados suficientes para se avaliar a magnitude do impacto ambiental ocorrido, assim como os riscos de danos potenciais no fechamento e no pós-fechamento.

Os aspectos físicos, químicos e biológicos devem ser avaliados em todas as dimensões. As fontes de poluição e/ou contaminação química, existentes ou com potencial de virem a existir, devem ser cuidadosamente detalhadas.

A cada revisão do plano de fechamento, deve ser feita uma reavaliação dos aspectos e impactos ambientais para fazer um balanço atualizado e avaliar a real extensão dos impactos previstos e dos ocorridos. Esse balanço deve incluir uma análise comparativa dos impactos ambientais diagnosticados nos estudos que subsidiaram o licenciamento do empreendimento (Estudo de Impacto Ambiental - EIA, Relatório de Controle Ambiental - RCA, Plano de Controle Ambiental – PCA e o Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental – RADA).

Também é importante efetuar a avaliação da eficácia das medidas de controle ambiental e medidas compensatórias implantadas durante a vida útil do empreendimento, com base na análise dos resultados do monitoramento ambiental disponíveis.

A documentação mínima que deve acompanhar este item é:

- a) Planta da mina na qual constem as áreas lavradas recuperadas, áreas impactadas recuperadas e por recuperar, áreas de disposição do solo orgânico, estéril, minérios e rejeitos, sistemas de disposição, vias de acesso e outras obras civis.



## **1. PLANO DE FECHAMENTO DE MINA**

---

- b) Tabela associando os aspectos estudados e os potenciais de risco.
- c) Análise dos resultados existentes do programa de acompanhamento e monitoramento relativo a sistemas de disposição e de contenção, taludes em geral, comportamento do lençol freático, drenagem das águas.
- d) Análise dos resultados de monitoramento, avaliando a eficiência do plano de controle da poluição do solo, atmosfera e recursos hídricos, com caracterização de parâmetros controladores;

A seguir são apresentados alguns exemplos de riscos ambientais potenciais mais comuns nas instalações das minas, onde os fatores atuantes estão relacionados aos eventos hidrológicos, erosão eólica, sismicidade, deterioração e abandono.

### **NAS CAVAS A CÉU ABERTO:**

São comuns deslizamentos de terra, geração de drenagem ácida, contaminação química de água subterrânea, alteração de topografia, acidentes com pessoas e animais e geração de poeira.

### **NAS MINAS SUBTERRÂNEAS:**

Pode ocorrer colapso de galerias com subsidência de áreas, geração de drenagem ácida, contaminação química de água subterrânea, alteração de topografia e acidentes com pessoas e animais.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

### **NAS BARRAGENS DE REJEITOS:**

Há riscos de ruptura total ou parcial da estrutura, propagação de drenagem ácida, contaminação de cursos d'água, do solo e da água subterrânea, destruição de habitats, destruição de flora e mortandade de fauna, deslizamentos de terra e geração de poeira proveniente de taludes sem cobertura de proteção.

### **NAS BARRAGENS DE ÁGUA:**

Deve-se ficar atento quanto a ruptura total ou parcial da barragem, destruição de habitats, destruição de flora, mortandade de fauna e deslizamentos de terra.

### **NAS PILHAS DE ESTÉRIL:**

Podem ocorrer instabilizações da pilha, destruição de habitats, destruição de flora, mortandade de fauna, deslizamentos de terra e geração de poeira.

### **NAS UNIDADES DE TRATAMENTO:**

Atenção com arrasto de dejetos, de resíduos e de outros materiais, por enxurradas e inundações de cursos d'água, contaminação de solo, águas subterrâneas e superficiais, proliferação de vetores que trazem risco à saúde humana e acidentes com pessoas de animais.

## **1. PLANO DE FECHAMENTO DE MINA**

---

### **NOS TANQUES DE RESÍDUOS/ EFLUENTES PERIGOSOS:**

Os danos potenciais estão associados a vazamento de material perigoso, contaminação de solo, águas subterrâneas e superficiais e acidentes com pessoas e animais.

### **NAS RODOVIAS, FERROVIAS E VIAS DE ACESSO:**

Podem ocorrer instabilidades de encostas, carreamento de partículas sólidas para os cursos d'água, acidentes com pessoas e animais e danos a paisagem.

### **EM OUTRAS ÁREAS**

Nas áreas ocupadas por oficinas mecânicas, postos de combustíveis, materiais elétricos, sucatas e equipamentos, os danos podem advir de arrasto de dejetos, resíduos e outros materiais por enxurradas e inundações de cursos d'água, por contaminação de solo e das águas (subterrâneas e superficiais), proliferação de vetores que trazem risco à saúde humana, acidentes com pessoas e animais e danos a paisagem.

Assim, esses riscos potenciais podem ocasionar danos na água, no ar, no solo, na biota e na paisagem, além da poluição sonora.

A Tabela a seguir relaciona os tipos de danos potenciais com aspectos ambientais água, ar, solo, biota e paisagem.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

**TABELA 1.1: ASPECTOS AMBIENTAIS x DANOS POTENCIAIS**

| ASPECTOS AMBIENTAIS |      | DANOS POTENCIAIS MAIS FREQUENTES  |
|---------------------|------|---|
| ÁGUA                | SUP. | Carreamento de sólidos causando turbidez/assoreamento dos cursos d'água;<br>Contaminação química<br>Mortandade de peixes<br>Destruição de habitat bentônico<br>Modificação no modelo hidrodinâmico da água no local |
|                     | SUB. | Rebaixamento de lençol freático;<br>Contaminação química  |
| Ar                  |      | Emissão de particulados no ar<br>Emissão de gases tóxicos   |
| Solo                |      | Remoção de solo<br>Retirada da camada fértil<br>Contaminação química do solo<br>Alta compactação das camadas superficiais   |
| Flora               |      | Supressão de vegetação<br>Redução da biodiversidade<br>Introdução de espécies exóticas nocivas<br>Destruição de ecossistemas  |
| Fauna               |      | Mortandade<br>Destruição de habitats<br>Extinção de espécies  |
| Paisagem            |      | Modificações na paisagem  |

Os capítulos seguintes detalham os aspectos que foram destacados neste capítulo.

## **1. PLANO DE FECHAMENTO DE MINA**

---

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



PROJETO: HOTEL DE LUXO EM ANTIGA PEDREIRA NA CHINA. VENCEDOR DE PRÊMIOS INTERNACIONAIS DE ARQUITETURA

Fonte: <http://www.atkinsglobal.com/en-gb/projects/songjiang-intercontinental-hotel>

## **2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO**

---

## **2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO**

AUTOR: LÚCIO MIRANDA CAMÊLO  
Engenheiro de Minas

A escolha do uso previsto para a área após o fechamento irá interferir visivelmente nos objetivos da reabilitação e, conseqüentemente, nas medidas a serem adotadas para o fechamento. Para uma decisão correta acerca do uso futuro é necessário ter domínio do conhecimento global do empreendimento, da região na qual ele está implantado, dos anseios das comunidades afetadas e da legislação vigente.

O envolvimento da comunidade nos processos decisórios comumente traz apreensão por parte do empreendedor, mas nem por isso deve ser desconsiderado. O papel da comunidade no fechamento de mina será discutido no item que trata dos aspectos socioeconômicos

Deve-se ter em mente, que cada mina após o fechamento deverá estar em consonância com o plano diretor local e com o plano regional de desenvolvimento.

Além de garantir condições de saúde e segurança da área para qualquer uso escolhido, deve-se buscar sempre que possível um uso futuro autossustentável ao longo do tempo, pelo menos para a maior parte da área.

Caso a opção de autossustentabilidade não seja viável, a empresa, com auxílio da comunidade e das autoridades governamentais, pode buscar apoiadores para o projeto e juntos definirem a melhor forma de garantir a sustentação econômica da área. Por exemplo, se uma área de mina tiver muitas restrições de uso após o fechamento e necessitar que haja sempre uma vigilância para que no longo prazo essa área não seja usada inadequadamente, o poder público pode assumir a

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

custódia em troca de outros benefícios como o uso do restante da área para fins recreativos ou para projetos de relevância ambiental. A tabela a seguir resume quais as classes possíveis de uso futuro, no tocante às escalas de sustentabilidade das áreas, após o fechamento.

**TABELA 2.1– SUSTENTABILIDADE E USO FUTURO**

| <b>TERMO</b>                               | <b>DEFINIÇÃO</b>  |
|--|---|
| <b>Áreas intactas</b>                      | Áreas que não chegaram a ser modificadas pela mineração e poderão ser mantidas assim após o fechamento. Apesar de ser pequena em relação ao total, esta é a situação mais confortável.  |
| <b>Uso autossustentável</b>                | Usos sustentados por um processo natural, não requerendo ações do homem. Ex: áreas destinadas ao reflorestamento ou reservas naturais.  |
| <b>Uso sustentável</b>                     | Uso que pode ser sustentado indefinidamente com os recursos provindos (inclusive recursos fiscais) ou que podem ser gerados pelo próprio uso.<br>Ex: áreas de silvicultura, aproveitamento de recursos hídricos ou recreações comerciais. |
| <b>Uso sustentável c/ medidas passivas</b> | Uso que requer intervenções ocasionais do homem para sua manutenção. Ex: áreas de pastagens.  |
| <b>Uso sustentável c/ medidas ativas</b>   | Uso que requer frequentes e contínuos esforços para manter a sustentabilidade. Ex: onde serão necessários cuidados como tratamento de água para remoção das descargas de poluentes.   |
| <b>Áreas de recuperação inviável</b>       | Áreas cujas perturbações sofridas foram tão intensas, que tornaram inviável a recuperação/ remediação, expondo a riscos de segurança ou saúde do homem o seu aproveitamento   |

Fonte: *Post Mining Sustainable Use Plans vs Closure Plans*, Robertson et al (2002)



## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO

---

Com poucas exceções, a área total de um empreendimento minerário não pode ser restaurada às suas condições originais. A própria natureza da atividade mineradora é causadora de profundo impacto na paisagem local. Apenas as partes menos afetadas da área podem ser facilmente revertidas às formas originais.

Sem deixar de obedecer um planejamento conjunto para o empreendimento, para uma maior efetividade do fechamento, é comum dividir o empreendimento em **unidades de recuperação** respeitando as especificidades de cada local da mina.

As **unidades de recuperação** mais comuns em uma mina são locais ocupados pelas cavas, unidades de tratamento de minério, barragens de rejeitos, barragens de água, pilhas, vias de acesso, escritórios, refeitórios, pátios de armazenamento, oficinas mecânicas e postos de abastecimento. Para algumas dessas unidades, a escolha do uso do futuro local é simples. Porém, para outras a escolha é extremamente complicada, devido às restrições que o local passa a ter com os vários impactos ambientais que ali ocorreram.

Na literatura é possível encontrar opções variadas de uso futuro para cada unidade de uma mina. As escolhas levam em conta aspectos de criatividade, sustentabilidade, economia e, especialmente, de preservação do meio ambiente. Porém, os usos para cada unidade de recuperação devem estar integrados ao planejamento regional estabelecido.

Os itens seguintes apresentam alguns exemplos de usos futuros adotados para cada **unidade de recuperação** citada.

### 2.1 USO FUTURO DE CAVAS A CÉU ABERTO

A escolha do uso futuro dessas estruturas depende principalmente se a cava atinge o lençol freático ou se a cava se

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

mantém seca até a profundidade final, além, das características fisiográficas da área, da presença ou ausência de minerais com potencial de contaminação, ou ainda do potencial de geração de drenagem ácida.

Os exemplos a seguir apresentam opções variadas de uso futuro para os locais onde se desenvolveram as cavas a céu aberto.

### **PEDREIRA DE CALCÁRIO DE TOD INLET – CANADÁ**

A pedreira de Calcário de TodInlet situada na ilha de Vancouver (Canadá) consiste em um dos primeiros registros de casos de fechamento de mina, que embora informal, foi bem-sucedido.

Robert Pim Butchart era proprietário de uma fazenda onde explorava calcário para a fabricação do cimento Portland. Depois de exaurida sua reserva nessa região, sua esposa (Jennie) requisitou um plano para restaurar o local, criando um jardim japonês ao lado do mar. Mais tarde, criou um jardim italiano próximo e, depois, um jardim de rosas.

A criação de diversos tipos de pássaros também ajudou a tornar o local mais atrativo, resultando em uma famosa atração turística de Vancouver.

A casa se tornou um confortável e luxuoso local, com pista de boliche, piscina coberta, sala de bilhar e um órgão de tubo Aeolian. Atualmente, a residência contém um restaurante, escritórios e algumas salas ainda utilizadas pela família.

A Figura a seguir mostra uma sequência de fotos do Butchart Gardens.

## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO



**Figura 2.1:** Fotos do Jardim de Jennie, Brentwood Bay - Canadá

Fonte: <http://www.butchartgardens.com>

### CAVA DA MINA DE ÁGUAS CLARAS

Essa cava foi desativada em 2000 e pertencia à antiga empresa Minerações Brasileiras Reunidas - MBR (atualmente VALE).

Pelo fato da mina estar localizada em uma área nobre, na cidade de Nova Lima - MG, foi feito o planejamento de um complexo urbanístico para o local, como proposta de fechamento.

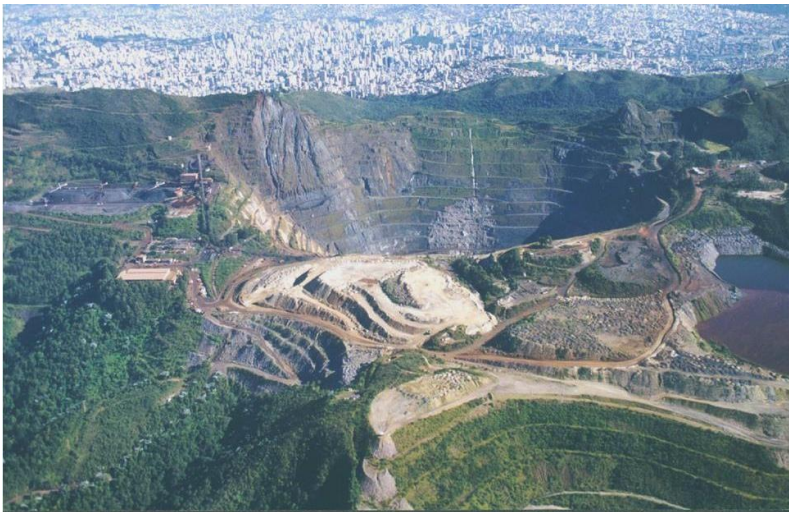
## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

Como solução de fechamento para a cava, foi proposto um lago que servirá de incremento paisagístico para o complexo urbanístico destinado a clientes de alto poder aquisitivo. Essa cava atingiu o lençol freático, que começou a se recuperar com a paralização do bombeamento. Seu enchimento tem sido complementado com águas de drenagem pluvial direcionadas para seu interior.

O lago ocupará uma área total de 0,67 km<sup>2</sup> com um volume total de 58 milhões de m<sup>3</sup> e a profundidade máxima de 234 m, a qual lhe dará o título de lago mais profundo do país.

O enchimento das cavas com água, além de diminuir o impacto paisagístico, em algumas situações, pode servir para lazer (vela, natação ou até mesmo pesca), para abastecimento de água ou criatório de peixes.

As Figuras a seguir mostram a imagem da cava.



**Figura 2.2:** Mina de Águas Claras, Nova Lima - MG  
Imagem da cava antes da implantação do fechamento da mina

## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO



**Figura 2.3:** Mina de Águas Claras, Nova Lima - MG  
Vista da cava durante a implantação do fechamento da mina

### **PEDREIRA ADVENTURE PARK**

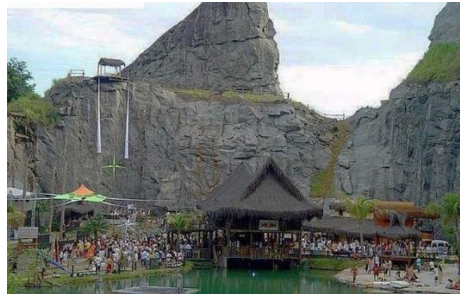
Consiste em uma frente de lavra de granito desativada, situada no município de Guarapari, no estado do Espírito Santo, cujo fechamento transformou a área da cava em um parque de eventos.

O Espaço de 24 mil m<sup>2</sup> conta com cachoeiras e lagos, além de uma bela paisagem. Esportes de escalada, rapel, canoagem, mergulho e tirolesa são modalidades que podem ser praticados no local. Ali são promovidos também shows e festas.



## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

A seguir são apresentadas figuras do Adventure Park.



**Figuras 2.4 e 2.5:** Pedreira Adventure Park– ES  
Fotos da área da antiga cava aproveitada para atividades de lazer

Fonte: <http://www.pedraazuladventure.com.br>

### CAVA DE MINA DE CARVÃO

A mina de carvão da COPELMI, situada no estado do Rio Grande do Sul, não atinge grandes profundidades, embora abranja uma área de grandes extensões.

O uso futuro definido foi o de uma floresta de Acácias e o processo de fechamento ocorreu concomitantemente com o de lavra, ou seja, ao mesmo tempo em que uma área próxima estava sendo lavrada, a área que já havia sido lavrada passava pelo processo de recuperação (fechamento progressivo). A sequência de recuperação das áreas de lavra consistiu nas etapas discriminadas e ilustradas nas figuras a seguir.

## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO



**Figura 2.8:** Mina de Carvão da COPELMI - RS  
Recuperação progressiva da área de lavra  
Fonte: GREGORIEFF, 2004

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



Reconformação do terreno e preenchimento da cava



Disposição do solo vegetal



Implantação do sistema de drenagem pluvial



Implantação da cobertura vegetal



**Figuras 2.9 a 2.13:** Cava da mina de carvão da COPELMI – RS  
Sequência das atividades de fechamento

Fonte: GREGORIEFF, 2004



## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO

### OUTRA CAVA DE CARVÃO

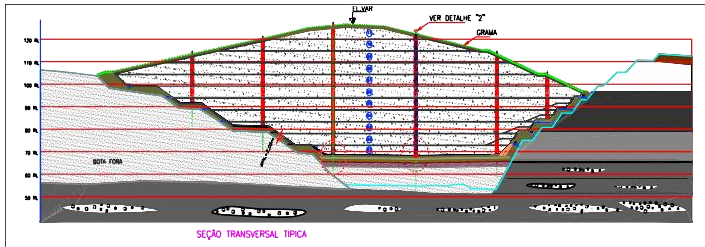
A cava da COPELMI referente à mina de Recreio, localizada próxima à cidade de Porto Alegre no estado do Rio Grande do Sul, foi um projeto dispendioso, mas digno de destaque de reaproveitamento e recuperação do local com a escolha de uso futuro (Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos - ARSU).



**Figura 2.14:** Cava da COPELIMI - RS  
Vista geral da área da cava, destinada à disposição de  
resíduos sólidos  
Fonte: GREGORIEFF, 2004

A figura a seguir apresenta uma seção de projeto.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figura 2.15:** Cava da COPELIMI - RS  
Seção transversal do aterro de resíduos sólidos  
Fonte: GREGORIEFF, 2004

Após essa preparação foi formada a primeira célula (pronta para receber os resíduos sólidos) como mostra a próxima figura.



**Figura 2.16:** Cava da COPELIMI - RS  
Célula pronta para receber resíduos  
Fonte: GREGORIEFF, 2004

## **2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO**

---

O Projeto foi licenciado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, entrando em operação no final de 2001.

### **PEDREIRA ABANDONADA EM XANGAI – CHINA**

Um hotel de cinco estrelas está sendo construído dentro de uma pedreira 100 metros abaixo do nível do solo, em uma pedreira abandonada, ao pé da Montanha Tianmenshan, no distrito de Songjiang de Xangai no leste da China.

O projeto, orçado em £ 345 milhões terá uma altura de cerca de 87 metros, com 370 quartos em 19 andares.

Dois andares serão subaquáticos contendo um aquário de paredes de vidro, um restaurante e quartos de hóspedes para a elite chinesa.

Uma piscina e um centro desportivo também serão construídos dentro do hotel, bem como vários restaurantes, um salão de banquetes e salas de conferências para reuniões de negócios. Para harmonizar a estrutura com a paisagem, o telhado será verde e terá várias árvores plantadas no topo.

Estima-se que a construção do hotel será concluída ainda em 2017 e os apartamentos custarão cerca de £ 200 por noite.

As figuras a seguir apresentam vista aérea da construção do hotel e simulações da obra concluída, disponíveis no site da empresa projetista.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figuras 2.17 a 2.19:** Tianmenshan Mountain, Xangai – China  
Foto da construção (primeira foto).

Simulação do Songjiang InterContinental Hotel

Fonte: <http://www.atkinsglobal.com/en-gb/projects/songjiang-intercontinental-hotel>



## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO

### MINA DE CORNALLES CAULIM – PROJETO ÉDEN

Um dos exemplos mais clássicos do uso futuro de cava de mina é o Projeto Éden, considerado a maior estufa do mundo. Está situado na Inglaterra, na cidade de Cornalles, foi implantado em uma antiga mina de caulim, que funcionou por 170 anos.

A revitalização da área criou um espaço onde poderiam ser vistas todas as flores do mundo e contou com características importantes para o projeto, como estar voltado para o Sul e possuir diferentes vistas para o mar, além de ser capaz de aproveitar as águas da chuva e energia do sol.

As figuras a seguir apresentam a situação logo após o encerramento da atividade de mineração (primeira foto) e após a implantação das ações de fechamento (segunda foto).



**Figuras 2.20 e 2.21:** Mina de Cornalles – Reino Unido  
Vista da área antes e após a implantação do Projeto Éden

Fonte: [www.cornwall-calling.co.uk/eden/](http://www.cornwall-calling.co.uk/eden/)

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

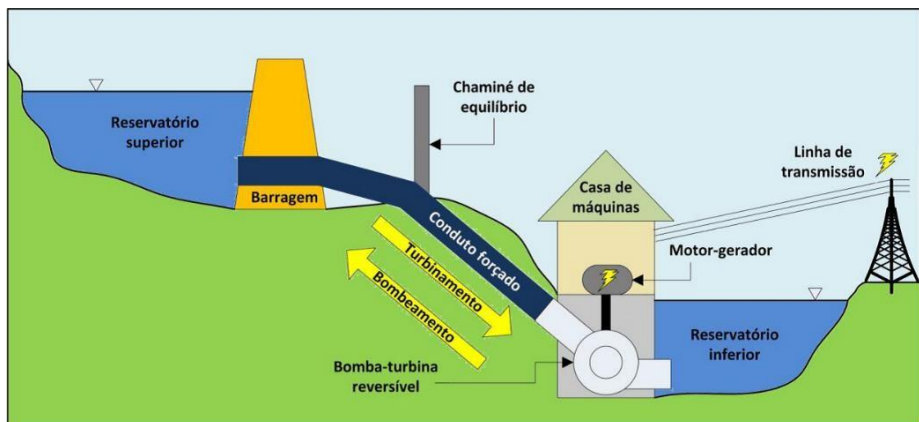
### NOVOS USOS PARA CAVAS

A descoberta de novos usos futuros para áreas de mineração, felizmente, parece não ter limites. Possibilidades inimagináveis hoje, em pouco tempo começarão a ser utilizadas.

Um exemplo que vem surgindo como possibilidade de aproveitamento para cavas que ultrapassam o nível d'água é a implantação de Usinas Hidrelétricas Reversíveis (UHR). Empresas mineradoras de peso já estão estudando essa possibilidade.

As usinas reversíveis utilizam turbina-bomba e normalmente possuem um reservatório maior a montante, e outro menor a jusante da casa de força.

Exigem, normalmente, pequenos reservatórios e operam em circuito fechado ou semiaberto. Assim, criado o volume inicial de água, será necessário apenas a reposição de água devido às perdas por evaporação e outras pequenas perdas.



**Figura 2.22:** Esquema de operação de UHR

Fonte: Canales, Beluco e Mendes, 2015

## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO

À primeira vista, o conceito de UHR não parece muito razoável, já que gasta energia para bombear água até um reservatório superior e, posteriormente, essa água será turbinada de volta, podendo gerar até menos energia que aquela gasta no bombeamento.

Por mais que pareça um contra senso, esse conceito está ganhando a adesão de vários países como Bélgica, França, Alemanha, Áustria, Portugal e Estados Unidos que já contam com boas experiências de UHR.



**Figura 2.23:** UHR Raccoon Mountain – Estados Unidos

A resposta à aprovação desse conceito de geração de energia está na avaliação sob o ponto de vista das necessidades sistêmicas. A configuração de um sistema elétrico interligado precisa mais do que apenas energia. É preciso que essa energia seja disponibilizada com qualidade, confiabilidade e sustentabilidade. Quando esses conceitos entram na equação de viabilidade, as UHR passam a ser mais um fator no equilíbrio

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

do sistema, já que operam fornecendo energia nos horários de maior consumo, turbinando água do reservatório superior para o reservatório inferior. Enquanto, nos momentos de sobra de energia, a UHR consome para fazer o bombeamento no sentido inverso e se preparar novamente para os momentos de grande demanda.

### **2.2 USO FUTURO DE MINAS SUBTERRÂNEAS**

Assim como nos locais de cavas a céu aberto, as minas subterrâneas também desativadas têm sido palco de implantação de usos futuros mais diversos, como pode ser observado nos exemplos apresentados a seguir.

#### **BRITANNIA MINE – CANADÁ**

A Britannia Mine é um caso que difere dos demais já citados por se tratar de uma mina subterrânea.

Alexander Forbes descobriu uma boa reserva de cobre em Vancouver por um acaso, durante uma caçada em 1888. As atividades de mineração progrediram ao longo de décadas, chegando ao fim em 1974.

A mina se tornou um museu de artefatos mineiros, aberto ao público em 1975 e desperta grande interesse turístico. Em 1988 foi designado como um local histórico nacional. No ano seguinte, o Museu foi considerado um marco histórico da British Columbia.



## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO



**Figuras 2.24 e 2.25:** Britannia Mine Museum - Canadá  
Antiga mina subterrânea, hoje museu de mineração

Fonte: <http://britanniaminemuseum.ca>

### **MINA DE PASSAGEM – MARIANA - MG**

No Brasil temos um exemplo semelhante ao da Britannia Mine, a **Mina de Passagem**, que teve uma importância relevante na história do desenvolvimento da atividade mineira no país.

Recebeu esse nome por estar localizada na Vila de Passagem, lugar da passagem da estrada entre Ouro Preto e Mariana sobre o Ribeirão do Carmo.

A Mina de Passagem iniciou suas atividades antes até da corrida do ouro no oeste americano. O ouro foi descoberto na região de Mariana e Ouro Preto no início do século XVIII e sua exploração foi iniciada em 1729.

Entre 1729 a 1819, vários mineiros obtiveram concessões para explorar a propriedade mineral de Passagem, até que em 1819 ela foi adquirida, junto com algumas concessões vizinhas, pelo Barão de Eschwege, que criou a primeira companhia mineradora do País envolvendo só capital privado, com o nome de Sociedade Mineralógica da Passagem.

Hoje, após o fechamento, a mina se transformou em um museu de mineração e é um atrativo turístico da região.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figura 2.26:** Mina da Passagem, Ouro Preto - MG  
Antiga mina subterrânea, hoje museu de mineração

Fonte: <http://minasdapassagem.com.br/visitacao.html>

### MINAS DE SAL LOCALIZADAS EM TURDA - ROMÊNIA

Em Turda, região da Transilvânia, na Romênia, existem minas de sal com histórico milenar de exploração, que se transformaram em museu e parque de diversão, tudo isso, em profundidades que chegam a 120 metros.

O sal de Turda já era extraído pelo povo romano, porém, sua exploração comercial começou no século XII. Durante a Idade Média, foi uma das principais fontes de sal da Europa.

As minas de Turda foram escavadas com trabalho braçal, usando ferramentas rudimentares, pois, na época, a dinamite ainda não havia sido inventada.

## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO

Em 1932, as minas de Turda foram desativadas e abandonadas. Durante a Segunda Guerra Mundial, foram usadas como abrigo antiaéreo.

A partir de 1950, as minas estiveram abertas à visitação. Em 2010, depois de dois anos de obras de adequação, as minas foram remodeladas e reabertas como local turístico. Os custos da adequação ultrapassaram seis milhões de euros.

A seguir são apresentadas fotos das minas nos dias atuais.



**Figura 2.27:** Salinas Turda, na Romênia  
Entrada

Fonte: <http://salinaturda.eu/?lang=en>

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figuras 2.8 e 2.29:** Salinas Turda, na Romênia vista do Complexo turístico (museu, anfiteatro, roda-gigante, pista de boliche) e elevador para visitantes

Fonte: <http://salinaturda.eu/?lang=en>



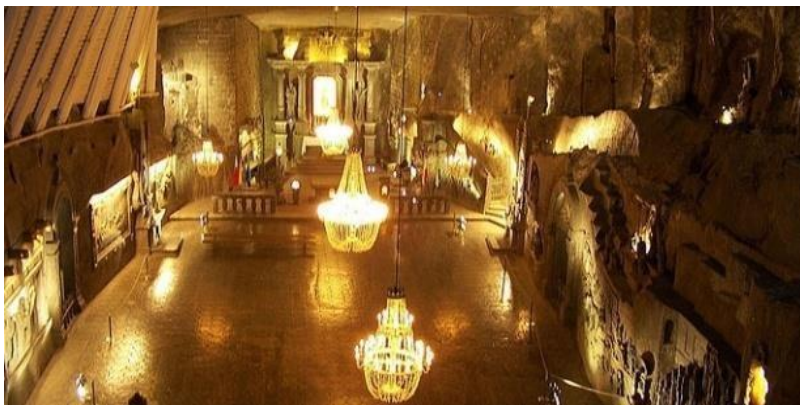
## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO

### MINA DE SAL DE WIELICZKA – POLÔNIA

Situada perto de Cracóvia, no sul da Polônia, a mina de sal de Wieliczka operou entre o século 13 e o ano de 2007.

Quando a extração do sal no local deixou de ser lucrativa, a mina foi desativada. Nessa época, Wieliczka acabou virando uma concorrida atração turística na Polônia

Hoje, um trecho de 3,2 quilômetros (que corresponde a cerca de 2% da totalidade da antiga mina) virou atração turística, com estátuas, lustres, uma capela e uma catedral, tudo feito inteiramente em sal.



**Figura 2.30:** Mina de sal de Wieliczka - Polônia

Vista da Catedral de sal dentro da Mina Wieliczka

Fonte: <https://www.kopalniawieliczka.eu>

### COOBER PEDY, AUSTRÁLIA

A maioria dos habitantes de Coober Pedy, local do sul da Austrália, vive nos subterrâneos e frequenta igrejas, restaurantes e lojas subterrâneas, nos entremeios das galerias

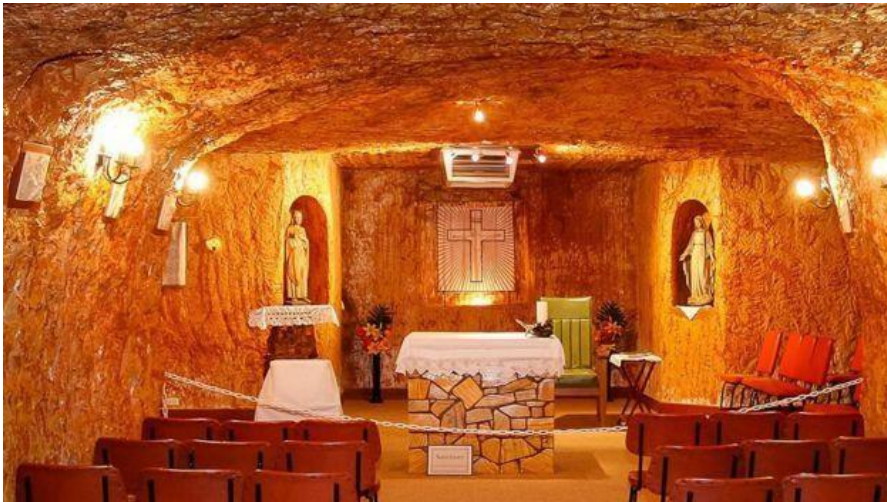
## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

abertas para exploração de opala. O local já se tornou uma grande atração turística.

Nesta cidade, são produzidas cerca de 70% da opala do mundo e, por se localizar no deserto, a rotina subterrânea se tornou um refúgio do forte sol da superfície.

Ainda existem minas em operação no local, a vocação para viver nos subterrâneos deve direcionar todo o uso futuro do local.

A foto a seguir é de uma catedral construída dentro das galerias Coober Peddy.



**Figura 2.31:** Mina de opala de Coober Peddy - Austrália  
Vista da Catedral nas galerias da mina de Coober Peddy

Fonte: [https:// www.australia.com](https://www.australia.com)

## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO

### 2.3 USO FUTURO DAS BARRAGENS DE MINERAÇÃO

As barragens e diques de um empreendimento minerário são geralmente de três tipos: de rejeitos, de contenção de sedimentos e de água nova para alimentar o sistema industrial.

Independente de qual desses tipos de barragem, o fechamento dessas estruturas deve ser tratado como um sistema que inclui:

- a) sistema extravasor;
- b) reservatório;
- c) canais periférico;
- d) encostas do reservatório;
- e) ocupação do vale a montante da barragem.

As alternativas de fechamento e uso futuro de uma barragem dependem da resposta à seguinte pergunta:



Para as barragens de captação de água, a resposta costuma ser **SIM**, pelo valor desse bem natural. Neste caso, os aspectos ligados à segurança (taludes, vertedouros, drenagem superficial, etc.) deverão ser avaliados e adequados para coeficientes de segurança admissíveis na condição de longo prazo. Em seguida, deverá ser feita a transferência formal de custódia para pessoa jurídica, física ou instituição pública que tiver interesse em usufruir os benefícios da barragem.

Quando a resposta for **NÃO**, a estrutura deve perder a condição de barramento e seu reservatório deve ser transformado em depósito “seco”. Costumam se enquadrar nessa categoria as barragens de rejeitos e de contenção de sedimentos.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

Neste caso, é importante ainda distinguir se o depósito seco se tornará ambientalmente sustentável em curto espaço de tempo, ou se necessitará de tratamento ativo por longo prazo. As barragens que contêm resíduos de natureza contaminante, ou com potencial de geração de drenagem ácida, se enquadram, geralmente, na segunda opção.

Os cuidados e exigências que devem ser considerados no fechamento de barragens está detalhado no capítulo que trata do fechamento de estruturas geotécnicas. Aqui, o enfoque é apenas no uso futuro, conforme apresentado nos exemplos a seguir.

### **ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE PISCICULTURA**

A Mina do Recreio/RS (já citada neste livro) destinou uma barragem de captação de água nova para uma Estação Experimental de Piscicultura, após a desativação da mina.

Neste caso, a decisão foi por mantê-la como uma estrutura de barramento, para preservar o bem valioso que ela armazenava – a água.

Antes da transferência de custódia, a barragem passou por adequações que garantiram a sua manutenção e estabilidade no longo prazo.

O reservatório da barragem foi povoado por tilápias (Figura a seguir).



## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO



**Figura 2.32:** Barragem de captação de água nova da Mina do Recreio - RS

Transformada em estação experimental de piscicultura

Fonte: GREGORIEFF, 2004

### ÁREA DE PASTAGEM

A barragem de rejeitos de uma antiga mina de bauxita de propriedade da Mineração Rio Pomba Cataguases, situada no interior de Minas Gerais (município de Cataguases), foi fechada e a área do seu reservatório se transformou em área de pastagem.

Os rejeitos provenientes do beneficiamento de bauxita não costumam ter substâncias contaminantes em sua composição e, por isso, as soluções de fechamento se limitam à estabilização física e hidráulica da estrutura.

As dificuldades maiores encontradas para o fechamento desse tipo de barragem estão relacionadas, geralmente, ao longo tempo de adensamento e aos recalques diferenciais decorrentes da granulometria do rejeito depositado (rejeito fino).

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

A figura a seguir apresenta uma vista do reservatório, onde eram dispostos o rejeito, que foi transformado em área de pastagem.



**Figura 2.33:** Mineração Rio Pomba, Cataguases - MG  
Parte do reservatório da antiga barragem de rejeitos, hoje área de pastagem

### BARRAGEM ARMAZENANDO MATERIAL CONTAMINANTE

A foto a seguir apresenta uma barragem de rejeitos fechada, onde o reservatório se transformou em plantação de eucaliptos. Está localizada em Araxá, na mina da CBMM (mina de nióbio).

O rejeito ali armazenado possui substância contaminante (bário). Mas, por ser uma barragem muito antiga, não contou

## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO

com sistema de impermeabilização do fundo do reservatório causando a contaminação das águas subterrâneas.

Apesar de ser uma estrutura estabilizada sob os aspectos físico e hidráulico, ainda não se tem uma visão clara de quanto tempo será necessário para reconhecê-la como uma “barragem fechada”, já que a área não atingiu a estabilidade química.

Atualmente, existem vários poços de captação de água subterrânea para bombear a água e conduzi-la para uma estação de tratamento. A água só é devolvida ao meio ambiente depois de tratada.



**Figura 2. 34:** barragem de rejeitos da CBMM, Araxá - MG  
Vista de parte do reservatório transformado, hoje com  
plantação de eucalipto

### FECHAMENTO APÓS ACIDENTE

A Barragem São Francisco, da Mineração Rio Pomba Cataguases, tinha a finalidade de armazenar a lama proveniente da lavagem de bauxita.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

Em janeiro de 2007, um acidente marcou a história dessa barragem, tendo sido fechada logo após, por exigência dos órgãos reguladores.

As fotos a seguir apresentam a sequência das ações de fechamento da Barragem São Francisco.



**Figura 2.35:** Barragem de São Francisco – Miraflores - MG  
Vista aérea do barramento e do reservatório logo após o acidente, 2007



## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO



**Figuras 2.36 e 2.37:** Barragem de São Francisco, Miraí - MG  
Vista aérea do reservatório (acima) e do barramento (abaixo)  
em recuperação

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

### **2.4 USO FUTURO DE UTM E ÁREAS DE APOIO**

**Unidades de Tratamento de Minério (UTM)** englobam as áreas utilizadas para o beneficiamento do minério e o estoque de material. Apesar das barragens fazerem parte desse sistema, elas foram tratadas diferenciadamente neste trabalho, devido às suas características peculiares.

As **Unidades de Apoio** constituem os locais utilizados para escritório, oficinas, postos de armazenamento de combustível, refeitórios, fossas sépticas, áreas de disposição de resíduos sólidos não industriais, entre outras.

O mais comum para essas unidades de recuperação na etapa de fechamento da mina é a desmobilização de todas as estruturas, mantendo o cuidado de investigar o passivo ambiental resultante de contaminações químicas. Essas contaminações ocorrem com mais frequência nos locais de armazenamento de combustível e nas oficinas de reparo e manutenção de veículos e equipamentos.

O exemplo apresentado a seguir trata do fechamento da antiga FERROBEL.

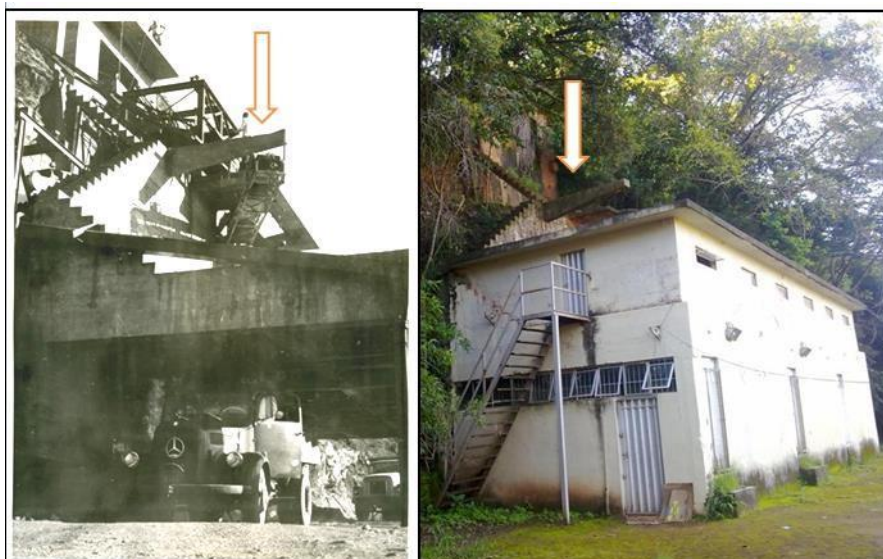
#### **FERROBEL**

Situado na capital mineira de Belo Horizonte o Parque das Mangabeiras foi construído ao lado da cava da mina da antiga Ferrobél, englobando as unidades da mina.

Hoje o parque é um ponto turístico famoso da cidade e ainda conta com estruturas antigas utilizadas na mineração.

A usina de tratamento teve partes conservadas como mostra a Figura a seguir.

## 2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO



**Figuras 2.38 e 2.39:** Mina da Ferrobela – Belo Horizonte - MG  
Antiga usina de tratamento do minério, hoje instalações do  
Parque das Mangabeiras

Fonte: RAGGI, 2011

Os acessos e estradas que foram utilizadas na mina hoje fazem parte do acesso de entrada e saída do parque.

Instalações antigas e escritórios da mina se tornaram refeitórios do parque e salas de jogos (ver figura a seguir) e onde era a pilha de estéril da mina é hoje a lagoa do parque responsável pela criação de peixes de diferentes tipos.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figuras 2.40 e 2.43:** Mina da Ferrobela – Belo Horizonte - MG  
Vias de acesso e áreas de apoio da mina antes e após o fechamento

Fonte: RAGGI, 2011



## **2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO**

### **2.5 USO FUTURO DE PILHAS DE ESTÉRIL / REJEITO**

Para as pilhas que não encerram em sua composição a presença de contaminantes, a garantia da estabilidade física pode ser atingida com certa facilidade.

Entretanto, não são raras as pilhas de estéril/rejeitos que apresentam problemas de lixiviação provocando a contaminação do solo. Muitas vezes essas pilhas podem conter substâncias contaminantes em excesso como: sulfatos, ferro, alumínio, sulfetos e outros. O fechamento dessas estruturas deve contemplar medidas que garantam que elas se mantenham com estabilidade física e química, mesmo em face de chuvas intensas.

O exemplo a seguir trata do fechamento de pilhas de estéril de carvão.

#### **PILHAS DE ESTÉRIL - SIDERÓPOLIS/ SC**

As pilhas de estéreis resultantes da mineração de carvão dessa mina encontravam-se na área denominada Malha II, situada a nordeste da cidade de Siderópolis Santa Catarina.

São constituídas de blocos de arenitos, siltitos e folhelhos ou por arenitos quartzosos, muitas vezes portadores de pirita ou marcassita, além de possuir rejeitos do próprio carvão.

As ações de fechamento promoveram a recuperação ambiental da área, após a reconformação topográfica e a revegetação, tornando-se uma área coberta por mata.

A Figura a seguir apresenta a área antes e depois da recuperação.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figuras 2.44 e 2.45:** Mina de carvão -Siderópolis/ SC  
Pilhas de estéril e Lagoa Azul, antiga cava de mineração antes  
dos trabalhos de recuperação e a mesma área, após trabalhos  
de recuperação.

Fonte: IPAT/UNESC, 2005

### 2.6 PREPARAÇÃO PARA REABERTURA DE MINAS

Em cada uma das unidades de mina que foram estudadas, pode ocorrer a necessidade de preparar a área para sobreviver sustentavelmente por um tempo indeterminado, voltando às atividades de mineração depois. Ao conjunto dessas atividades, normalmente, chamamos de **medidas para suspensão temporária de mina**, no lugar de **fechamento de mina**.

Muitos são os motivos que podem paralisar as atividades de mineração em um dado momento, mesmo quando a área ainda apresenta potencial para mineração. Alterações no preço de mercado, espera da evolução da tecnologia, presença de bens minerais diversificados numa mesma área, falência do empreendedor, etc.

Esses motivos podem provocar anos de espera, mas as condições do local não permitem que a área seja abandonada durante este período. Deixar uma área, onde ocorreu a atividade de mineração, sem tratamento pode agravar muito os passivos ambientais ali existentes.

## **2. USO FUTURO - ÁREA DE MINERAÇÃO**

---

Em algumas situações pode-se destinar a área para um uso temporário. Mas, em geral, devido à possibilidade de voltar a extrair minério, implantar outro tipo de uso fica bastante complicado.

Portanto, algumas vezes aparecem planos que propõem medidas preparando a área para esperar um tempo e depois retomar a atividade mineradora. Neste caso, as medidas propostas são temporárias e paliativas, servindo somente para melhorar as condições enquanto as atividades estiverem suspensas.

A NRM Nº 20 também fornece diretrizes para o tratamento das minas com atividades suspensas.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



GARIMPO DE OURO SERRA PELADA (DÉCADA DE 80)  
CURIONÓPOLIS - PA

### **3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO**

---

### **3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO**

**AUTOR: BRUNO MIRANDA CAMÊLO**

Juiz do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais

Neste capítulo será feita uma exposição dos aspectos jurídicos do fechamento de mina levando em consideração a legislação brasileira, com um enfoque na questão das obrigações e da responsabilidade dos empreendedores minerários. Quando se analisa a regulamentação de qualquer tipo de matéria, deve-se partir da Lei Maior, a Constituição Federal.

A Constituição Federal de 1988 trata da atividade minerária como um todo no seu art. 176, dentro do Título VII, denominado “Da Ordem Econômica e Financeira”, traçando as diretrizes básicas a respeito da regulação de tal atividade. No entanto, não há qualquer norma específica em tal título tratando das obrigações do empreendedor no tocante à fase de descomissionamento.

A Constituição trata da responsabilidade do minerador quanto à fase de fechamento apenas sob o enfoque de proteção ambiental. Tal norma está inserida no art. 225, que integra o Capítulo VI do Título VIII, denominado “Do Meio Ambiente”. Abaixo a transcrição dos trechos pertinentes ao tema:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

(...)

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; (Regulamento)

(...)

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

O caput do artigo incorpora ao direito constitucional brasileiro a tese do desenvolvimento sustentável, estabelecendo que a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais é um valor caríssimo ao povo brasileiro, que deve ser conciliado com a necessidade de sua exploração para fins de desenvolvimento econômico e tecnológico da nação.

Em se tratando de exploração de recursos minerais, bens não-renováveis, sabe-se que qualquer mina é finita e um dia se esgotará. No entanto, essa argumentação não é ensejo para se obstar a exploração mineral. Se, por um lado, a mineração degrada o meio ambiente, por outro lado, ela é uma atividade essencial para a economia brasileira, representando bilhões de dólares no PIB brasileiro e gerando centenas de milhares empregos diretos.

Se o minério extraído não pode ser repostado, a sustentabilidade deve ser obtida a partir da recuperação e reutilização da área degradada. Isto é, se o meio ambiente vai ser inevitavelmente modificado com a mineração, se faz necessário, ao menos, que seja recuperado, tornando-o novamente utilizável, ainda que sob outra forma, pelas futuras gerações. Dessa forma, não há falar em sacrifício da

### 3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO

---

sustentabilidade. Ademais, a própria lei (art. 2º, XIII, da Lei nº 9.985/2000) já prevê que a recuperação ambiental de uma área degradada pode se dar para uma condição diversa da original, pois há alterações humanas como as desencadeadas pela exploração mineral que não permitem o retorno integral ao estado anterior.

Importante observar que a mineração, tamanho o seu potencial poluidor e causador de degradação ambiental, mereceu uma norma específica na Constituição não conferida a outras atividades também poluidoras ou degradantes. Essa norma específica, que é a contida no § 2º do art. 225, deve ser interpretada juntamente com o § 1º, IV. Trocando em miúdos, o minerador é responsável pela recuperação do meio ambiente degradado, sendo que o próprio licenciamento da atividade já pressupõe o Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) contemplando a forma de recuperação. Embora a norma constitucional imponha a obrigação àquele que “explora” recursos minerais, o empreendedor autorizado à atividade de pesquisa mineral também tem o dever de recuperar eventual área degradada pela pesquisa, à luz do art. 19 da Lei nº 7.805/1989. Importante registrar que, em se tratando de licenciamento de empreendimentos minerários, necessária a observância das normas gerais previstas na Resolução CONAMA nº 237/1997.

Nota-se que a Constituição menciona que a recuperação deve se dar “de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente”. Ao minerador cumpre apresentar uma proposta de recuperação, mas essa proposta deverá passar pela análise do órgão público competente, que poderá aprová-la ou não. Ressalte-se que a solução para a recuperação do meio ambiente degradado deve estar definida e planejada desde o início do empreendimento.

Embora a Constituição tenha utilizado a expressão “na forma da lei”, para a regulamentação da matéria, ainda não

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

existe, no ordenamento jurídico nacional, lei complementar ou ordinária específica dispondo sobre a forma ou critérios para a recuperação de áreas degradadas pela mineração. A regulamentação usada nesse caso, embora não seja lei no sentido formal, é a constante do Decreto nº 97.632/1989. A ementa desse decreto faz referência ao art. 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938/1981 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente), que instituiu em termos gerais o dever de recuperação das áreas degradadas. Logo, a função do decreto é a de regulamentar a norma geral (Lei nº 6.938/1981), tornando-a aplicável aos empreendimentos destinados à exploração mineral e fazendo as vezes da lei referida no art. 225, § 2º, da Constituição.

O referido decreto contempla as seguintes normas:

Art. 1º Os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório do Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente, plano de recuperação de área degradada.

Parágrafo único. Para os empreendimentos já existentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente, no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias, a partir da data de publicação deste Decreto, um plano de recuperação da área degradada.

Art. 2º Para efeito deste Decreto são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Art. 3º A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.

Institui-se o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) a fim de se determinar a forma de recuperação, que constitui uma peça integrante do EIA/RIMA. É um plano que deve cuidar apenas dos impactos ambientais causados pela



### 3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO

---

mineração e que está essencialmente ligado à fase do fechamento de mina, pois trata do uso futuro da área após a exploração. Como já foi exposto, a apresentação e a aprovação do EIA/RIMA, que deve conter o PRAD, são pressupostos indispensáveis para que o Poder Público possa outorgar o licenciamento ambiental. Aprovada a solução contida no PRAD fica o empreendedor obrigado a implementá-la, mas não há impedimento de que seja tal solução modificada ou reajustada posteriormente, mas sempre passando pelo crivo do Poder Público. Nos casos de suspensão da mina, quando a área a ser recuperada estiver momentaneamente desocupada ou sem operação, não estando definido o seu uso final, fala-se em recuperação provisória.

Concluindo, a recuperação da área a ser degradada deve estar planejada antes mesmo de iniciada a exploração. Mas o momento para o início da execução do PRAD pode variar dependendo do tipo ou do porte da mina. Ou seja, a recuperação pode ser iniciada somente após a completa desativação do empreendimento, ou durante a vida útil da mina, concomitante e paralelamente à lavra, à medida que as frentes de lavras forem chegando à exaustão. A primeira opção só deve ser escolhida quando não for realmente possível ou aconselhável a recuperação concomitante. Daí se dizer que a segunda hipótese é a mais indicada. Talvez o principal motivo para tanto seja o fato de que, no final do empreendimento, não há mais receita para o minerador e a mina se encontra, em regra, descapitalizada.

Voltando ao art. 225 da Constituição, o § 3º estabelece que os empreendedores de atividades lesivas ao meio ambiente, sejam pessoas físicas ou jurídicas, podem ser responsabilizados de três formas distintas: civil, penal e administrativa.

A responsabilidade civil está ligada à obrigação de recuperar, restaurar ou reparar o dano ambiental. Tal responsabilidade é objetiva, ou seja, independe de culpa,

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

fundando-se no risco inerente da atividade, conforme art. 14, § 1º, da Lei nº 6.938/1981 e art. 927, parágrafo único, do Código Civil.

Sobre a responsabilidade objetiva, prevalece a tese de que devem estar presentes a conduta geradora do risco, o dano e o nexo causal. No entanto, em matéria ambiental, já existem decisões judiciais aceitando a tese do risco integral. Para a teoria do risco integral, mesmo em situações de força maior ou caso fortuito, que em tese excluiriam o nexo causal, haveria responsabilidade do empreendedor. O próprio Superior Tribunal de Justiça já pacificou sua jurisprudência firmando a tese de que “a alegação de culpa exclusiva de terceiro pelo acidente em causa, como excludente de responsabilidade, deve ser afastada, ante a incidência da teoria do risco integral e da responsabilidade objetiva ínsita ao dano ambiental (art. 225, § 3º, da CF e do art. 14, § 1º, da Lei nº 6.938/1981), responsabilizando o degradador em decorrência do princípio do poluidor-pagador.” (Tema 438, firmado no julgamento do REsp 1114398-PR sob a sistemática dos recursos repetitivos). Importante ressaltar que esta decisão vincula tribunais e juízes, conforme a lei processual vigente no país (art. 927, III, do Código de Processo Civil).

Como já se viu, a Constituição, ao tratar especificamente da exploração mineral (art. 225, § 2º), utiliza o termo “recuperar”, que consiste em uma obrigação de fazer capaz de tornar reutilizável a área degradada. Mas, a seguir (art. 225, § 3º), a Carta Magna já faz referência ao termo “reparar”, o que não exclui a possibilidade de se imputar ao degradador a obrigação de indenizar, quando restar impossibilitada a recuperação propriamente dita (obrigação de fazer).

Embora exista a previsão do art. 1º da Lei 7.347/1985, é muito questionável a possibilidade de existência de um dano moral ambiental de âmbito coletivo, pois o dano moral surge da ofensa aos direitos da personalidade, de expressão individual,

### 3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO

portanto, sem falar no fato de que tal lei trata de matéria processual, não sendo seu objetivo o de criar um direito material.

O instrumento judicial mais usado para se responsabilizar civilmente o minerador pelos danos causados é a ação civil pública, regulada na Lei nº 7.347/1985, que pode ser manejada pelo Ministério Público, pela Defensoria Pública, pelos entes federativos (União, Estados, Municípios e o Distrito Federal) e suas autarquias, fundações, empresas públicas e sociedades de economia mista, além das associações que preencham os requisitos do art. 5º, V, da aludida lei. O Ministério Público utiliza-se também do inquérito civil a fim de tentar celebrar acordos de ajustamento de conduta, que possuem força de título executivo e dispensam, portanto, para serem exigidos, a fase de conhecimento no processo judicial para o acerto do direito.

O minerador pode ser responsabilizado também criminalmente. A responsabilidade penal ambiental é regulada pela Lei nº 9.605/1998. Há um crime específico para a atividade minerária que é o do art. 55 da lei, a seguir transcrito:

Art. 55. Executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, permissão, concessão ou licença, ou em desacordo com a obtida:

Pena - detenção, de seis meses a um ano, e multa.

Parágrafo único. Nas mesmas penas incorre quem deixa de recuperar a área pesquisada ou explorada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do órgão competente.

O crime previsto no parágrafo único está ligado diretamente à temática do fechamento de mina. Ao contrário da civil, a responsabilidade penal ambiental é subjetiva, ou seja, deve estar presente uma intenção ou uma predisposição do agente, dirigida para a prática do crime. No caso, esse elemento subjetivo (volitivo) pode ser tanto o dolo direto como o dolo

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

eventual. No dolo direto, a vontade livre e consciente do agente é direcionada à produção do resultado danoso; o agente “quis o resultado” de forma direta (art. 18, primeira parte do inciso I, do Código Penal). No dolo eventual o agente não quer, de forma direta, o resultado, mas ele sabe que sua ação ou omissão pode ocasioná-lo e aceita isso; ele “assumiu o risco de produzi-lo” (art. 18, segunda parte do inciso I, do Código Penal). Para a configuração do crime em análise, não basta a existência de culpa em sentido estrito, que é aquela que se manifesta na imprudência, negligência ou imperícia do agente, isto é, numa simples violação de cuidado, já que a Lei nº 9.605/1998 não previu expressamente a modalidade culposa para esse crime (art. 18, parágrafo único, do Código Penal). Por isso, no crime previsto no parágrafo único, do art. 55, da Lei nº 9.605/1998, o elemento subjetivo se configura na omissão do minerador em executar o trabalho de recuperação ambiental, ou na ação de executar a recuperação ambiental em desconformidade com o plano de recuperação da área degradada.

Uma questão sempre tratada ao se analisar o art. 225, § 3º, da Constituição e a Lei nº 9.605/1998 é a possibilidade de se responsabilizar penalmente a pessoa jurídica. Embora a previsão exista na disposição constitucional mencionada e no art. 3º da lei, muitas são as críticas dirigidas tanto à própria possibilidade jurídica quanto à viabilização de tal tipo de responsabilização. O Superior Tribunal de Justiça já entendeu como possível a imputação de crimes às pessoas jurídicas, desde que haja a imputação simultânea do ente moral e da pessoa natural que atua em seu nome ou em seu benefício (EDcl no REsp 865.864/PR, QUINTA TURMA, julgado em 20/10/2011, DJe 01/02/2012).

A pena privativa de liberdade prevista no tipo penal pode ser substituída por penas restritivas de direitos, no tocante às pessoas físicas. Já no que toca às pessoas jurídicas, a lei prevê penalidades específicas. Assim dispõe a Lei nº 9.605/1998 sobre as penas restritivas e às aplicáveis às pessoas jurídicas:

### 3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO

Art. 7º As penas restritivas de direitos são autônomas e substituem as privativas de liberdade quando:

I - tratar-se de crime culposo ou for aplicada a pena privativa de liberdade inferior a quatro anos;

II - a culpabilidade, os antecedentes, a conduta social e a personalidade do condenado, bem como os motivos e as circunstâncias do crime indicarem que a substituição seja suficiente para efeitos de reprovação e prevenção do crime.

Parágrafo único. As penas restritivas de direitos a que se refere este artigo terão a mesma duração da pena privativa de liberdade substituída.

Art. 8º As penas restritivas de direito são:

I - prestação de serviços à comunidade;

II - interdição temporária de direitos;

III - suspensão parcial ou total de atividades;

IV - prestação pecuniária;

V - recolhimento domiciliar.

(...)

Art. 21. As penas aplicáveis isolada, cumulativa ou alternativamente às pessoas jurídicas, de acordo com o disposto no art. 3º, são:

I - multa;

II - restritivas de direitos;

III - prestação de serviços à comunidade.

Art. 22. As penas restritivas de direitos da pessoa jurídica são:

I - suspensão parcial ou total de atividades;

II - interdição temporária de estabelecimento, obra ou atividade;

III - proibição de contratar com o Poder Público, bem como dele obter subsídios, subvenções ou doações.

A ação penal para se responsabilizar os praticantes de crime ambiental é pública incondicionada. Isto implica dizer que cabe privativamente ao Ministério Público sua instauração, mediante denúncia, independentemente de representação. Caso o Ministério Público não a intente no prazo legal, é admissível a propositura da ação penal subsidiária, por queixa, em consonância com o art. 5º, inciso LIX, da Constituição Federal,

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

que seria intentada, por analogia, pelos outros legitimados para a propositura da Ação Civil Pública (art. 5º da Lei nº 7.347/1985).

Como o crime previsto no parágrafo único do art. 55 da Lei nº 9.605/1998 é de menor potencial ofensivo, pode a ação penal ser intentada no Juizado Especial, mas observando-se as ressalvas dos arts. 27 e 28 da referida lei.

Quanto à responsabilidade administrativa, é ela regulada pela Lei nº 9.605/1998 e o Decreto nº 6.514/2008. Já foi mencionado que o Poder Público tem a obrigação constitucional de defender o meio ambiente e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Para cumprir esse dever tão relevante de proteção ambiental, a Administração Pública é dotada de prerrogativas e instrumentos que a lei põe a sua disposição, dos quais se sobressai o poder de polícia. Desse dever constitucional e por meio dessas prerrogativas e instrumentos, surge a tutela administrativa do meio ambiente. A Lei nº 9.605/1998 estabelece que:

Art. 70. Considera-se infração administrativa ambiental toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente.

Diferentemente da responsabilidade penal, a tipicidade não é elemento indispensável para a caracterização da responsabilidade administrativa. Por essa razão é que a lei se refere a “toda ação ou omissão”, ao invés de descrever, uma por uma, as condutas reprováveis que ensejam a responsabilização administrativa. Não obstante essa generalização, todas as condutas tipificadas pela Lei nº 9.605/1998 ensejam a aplicação de multa administrativa, nas formas e limites estabelecidos pelo Decreto nº 6.514/2008. Como exemplo, ao crime ambiental previsto no parágrafo único, do art 55, da Lei nº 9.605/1998, que foi estudado neste capítulo, está prevista a aplicação de multa administrativa no montante de R\$ 1.500,00

### 3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO

---

(mil e quinhentos reais) a R\$ 3.000,00 (três mil reais), por hectare ou fração degradada (art. 63). Isso não impede que outras sanções administrativas sejam aplicadas, cumulativamente, ao infrator, se for o caso, estando elas previstas no art. 3º do decreto. Concluindo, em se tratando de empreendimento mineiro, não apenas o fato do minerador deixar de recuperar a área pesquisada ou explorada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do órgão competente, pode ser punido administrativamente, mas também qualquer outra conduta, comissiva ou omissiva, que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção e proteção do meio ambiente.

Para impor uma sanção administrativa ao minerador, a Administração Pública não precisa obter qualquer manifestação ou autorização judicial, em razão do princípio da auto-executoriedade dos atos administrativos. No entanto, é necessária a prévia apuração da infração ambiental em processo administrativo. Assim como no processo judicial, no processo administrativo também são assegurados os direitos de ampla defesa e do contraditório ao processado, conforme o disposto no § 4º, do art. 70, da Lei nº 9.605/1998 e no art. 5º, inciso LV, da Constituição. Havendo arbitrariedade (abuso) no processo administrativo ou lesão ao minerador, a sanção imposta na via administrativa é passível de revogação em processo judicial, dentro da ideia de que “a lei não excluirá da apreciação do Poder Judiciário lesão ou ameaça a direito” (art. 5º, inciso XXXV, da Constituição Federal).

Até este momento, analisou-se os aspectos jurídicos do fechamento de mina no tocante à perspectiva ambiental. No entanto, a desativação de um empreendimento mineiro é um fenômeno que abarca também problemas de outra ordem, gerando repercussões sociais e econômicas. E, nesse particular, não há ainda uma regulamentação no Brasil que seja suficiente para tratar de todas essas implicações. O problema começa com o próprio Código de Minas (Decreto-lei nº 227/1967), cujo início

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

de vigência remonta há várias décadas, em uma época em que ainda não havia uma preocupação direcionada à fase de desativação e suas repercussões. Dessa forma, o Código se encontra obsoleto, ficando toda a regulamentação extra-ambiental do fechamento de mina relegada ao âmbito de normas administrativas.

O Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, no uso de sua atribuição normativa (no art. 3º da Lei nº 8.876/1994), tratou da questão, instituindo por meio das NRM (Normas Reguladoras de Mineração) o Plano de Fechamento de Mina (PAFEM), que deve ser parte integrante do Plano de Aproveitamento Econômico (PAE).

A NRM nº 20 (que trata da suspensão, fechamento de mina e retomada das operações mineiras), em conjunto com a NRM nº 01 (que traça as disposições gerais), tem o grande mérito de fazer com que o fechamento de mina seja encarado como mais uma etapa do empreendimento mineiro, obrigando o minerador a planejar a desativação desde o início das operações. Nesse sentido, se tornou obrigatória a apresentação do Plano de Fechamento de Mina (item nº 1.5.1, alínea i), tornando-o parte constante do PAE (Plano de Aproveitamento Econômico) da jazida (item nº 1.5.7). Para as minas que não tenham o Plano de Fechamento de Mina contemplado em seus respectivos PAEs, a obrigatoriedade de sua apresentação, nos termos traçados pelo item nº 20.4.1, fica a critério do DNPM (item nº 20.4.2).

Além disso, a NRM nº 20 estabelece que a desativação não pode ser efetivada “sem prévia comunicação e autorização” do DNPM (item nº 20.2.3). O PAFEM deve, ainda, ser atualizado periodicamente, e estar disponível na mina para a fiscalização (item nº 20.4.2.1). Orientando a sequência do procedimento de fechamento, define o item nº 20.4.1:

20.4.1 Para o fechamento de mina, após comunicação prévia, é obrigatório o pleito ao Ministro de Estado de Minas e Energia, em requerimento justificativo



### 3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO

devidamente acompanhado de instrumentos comprobatórios nos quais constem:

a) relatório dos trabalhos efetuados;  
b) caracterização das reservas remanescentes;  
c) plano de desmobilização das instalações e equipamentos que compõem a infraestrutura do empreendimento mineiro indicando o destino a ser dado aos mesmos;

d) atualização de todos os levantamentos topográficos da mina;

e) planta da mina na qual conste as áreas lavradas recuperadas, áreas impactadas recuperadas e por recuperar, áreas de disposição do solo orgânico, estéril, minérios e rejeitos, sistemas de disposição, vias de acesso e outras obras civis;

f) programa de acompanhamento e monitoramento relativo a:

I- sistemas de disposição e de contenção;

II- taludes em geral;

III- comportamento do lençol freático e

IV- drenagem das águas;

g) plano de controle da poluição do solo, atmosfera e recursos hídricos, com caracterização de parâmetros controladores;

h) plano de controle de lançamento de efluentes com caracterização de parâmetros controladores;

i) medidas para impedir o acesso à mina de pessoas estranhas e interditar com barreiras os acessos às áreas perigosas;

j) definição dos impactos ambientais nas áreas de influência do empreendimento levando em consideração os meios físico, biótico e antrópico;

l) aptidão e intenção de uso futuro da área;

m) conformação topográfica e paisagística levando em consideração aspectos sobre a estabilidade, controle de erosões e drenagens;

n) relatório das condições de saúde ocupacional dos trabalhadores durante a vida útil do empreendimento mineiro e

o) cronograma físico e financeiro das atividades propostas.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

Por sua vez, a NRM nº 21 trata da reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas. Essa norma prevê documento denominado Projeto de Reabilitação, que deve ser apresentado junto ao Plano de Controle de Impacto Ambiental na Mineração – PCIAM. Tal projeto deve conter (item nº 21.5):

21.5 No projeto de reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas deve constar no mínimo os seguintes itens:

a) identificação e análise dos impactos ambientais diretos ou indiretos sobre os meios físico, biótico e antrópico;

b) aspectos sobre as conformações paisagística e topográfica, observando-se:

I- estabilidade;

II- controle de erosão;

III- drenagem;

IV- adequação paisagística e topográfica e

V- revegetação;

c) programa de acompanhamento e monitoramento;

d) planta atualizada na qual conste a situação topográfica atual das áreas a serem reabilitadas;

e) aptidão e uso futuro da área;

f) apresentar mapas, fotografias, planilhas e referências bibliográficas e

g) cronograma físico e financeiro do plano de reabilitação.

Como se nota, fora a questão ambiental, tal regulamentação ainda é insuficiente, mas o PAFEM e o Projeto de Reabilitação são um ponto de partida de orientação para os empreendedores minerários e para os órgãos públicos de fiscalização. No entanto, a diversidade de impactos ocasionados pela desativação de um empreendimento minerário, especialmente de ordem socioeconômica, faz com que a questão demande urgentemente uma regulamentação mais abrangente.

### **3. ASPECTOS LEGAIS DO FECHAMENTO**

---

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



CAVA PARA EXTRAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO

Fonte: Cedida ao MPMG pela VALE

## 4. ÁREAS DEGRADADAS

---

### 4. ÁREAS DEGRADADAS

---

A recuperação de uma área degradada em decorrência da atividade de mineração pode ser definida como o conjunto de ações necessárias para que a área volte a estar apta para algum uso produtivo em condições de equilíbrio ambiental.

A **Norma Reguladora da Mineração NRM 21** do DNPM trata especificamente da reabilitação de áreas de mineração e tem por objetivo definir procedimentos administrativos e operacionais em caso de reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas.

Para que a reabilitação ocorra como esperado, é necessário que a área atinja condições de estabilidade física (e hidráulica) e química, permitindo assim o retorno do equilíbrio biológico.

Entende-se que uma área atingiu a **estabilidade física e hidráulica** quando;

- ⇒ os taludes e encostas forem estáveis em relação aos movimentos de terras ou rochas;
- ⇒ a área estiver protegida da ação dos agentes erosivos (pluviais, eólicos e decorrentes da ação da gravidade);
- ⇒ as estruturas hidráulicas (vertedouros, dispositivos de drenagens pluviais, etc) estiverem aptos à passagem de cheias históricas.

Para que a estabilidade física seja mantida no longo prazo, deve-se ter o cuidado de priorizar o uso de materiais naturais nas estruturas que forem implantadas. Por exemplo, para a construção de dispositivos de drenagem, o enrocamento pode substituir o concreto, as areias e pedregulhos podem substituir os geossintéticos com função drenante, ou a argila pode substituir geossintéticos com função impermeabilizante.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

Em relação à **estabilidade química**, a área deve estar protegida da ação dos agentes que promovem as reações químicas que possam gerar compostos nocivos à saúde humana e ao ecossistema, tais como drenagens ácidas de pilhas de estéril ou rejeitos contendo sulfetos. A estabilidade química será tratada em um capítulo à parte devido às suas peculiaridades.

### 4.1 PRINCÍPIOS - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS

A demora desnecessária em recuperar uma área é o maior inimigo do sucesso da recuperação de uma área, portanto, quanto mais cedo a recuperação for iniciada, mais eficiente e econômica ela será.

Por outro lado, o desenvolvimento da lavra, não permite que certos locais sejam recuperados antes que a atividade cesse por completo.

Para solucionar este impasse, dois princípios devem reger os programas de recuperação de áreas degradadas pela atividade de mineração:

#### PRIMEIRO PRINCÍPIO: SUBDIVISÃO DA ÁREA TOTAL

A área total do empreendimento deve ser subdividida em **unidades diferenciadas de recuperação**, permitindo que locais diferentes possam ser reabilitados em tempos diferentes, com finalidades diversificadas e utilizando metodologias diferenciadas.

## **4. ÁREAS DEGRADADAS**

### **SEGUNDO PRINCÍPIO: RECUPERAÇÃO PROGRESSIVA**

Complementa o conceito anterior e trata da valorização da recuperação sucessiva das áreas de mineração (fechamento progressivo). Assim, enquanto a mina está em plena operação, existem locais já disponíveis para serem recuperados e as atividades de recuperação podem ocorrer nesses locais concomitantemente com as atividades de lavra. Por exemplo, vias de acesso abertas para atividades temporárias, locais de disposição de rejeitos já esgotados a capacidade, porções inferiores das pilhas de estéril, e outros que serão discutidos a seguir.

Os dois princípios aqui apresentados estão mais detalhados em itens específicos, dentro deste capítulo.

### **4.2 UNIDADES DE RECUPERAÇÃO DE UMA MINA**

A recuperação de áreas degradadas pela mineração deve ser tratada dividindo-se a área total do empreendimento em unidades individuais de recuperação, que têm objetivos, metodologias empregadas e tempos de recuperação definidos e individualizados. A seguir são apresentadas as áreas que, usualmente, podem ser individualizadas dentro de uma mina.

### **ÁREAS LAVRADAS**

São as áreas de cavas (secas e inundadas), frentes de lavras (bancadas e taludes), trincheiras, galerias em lavra subterrânea etc.



## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

Neste caso, as medidas comumente adotadas são:

- a) retaludamento;
- b) instalação de sistemas de drenagem;
- c) revegetação com espécies arbóreas nas bermas e herbáceas nos taludes;
- d) preenchimento de cavidades subterrâneas.

### **ÁREAS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Constituem as barragens, pilhas ou corpos de bota-fora, solos superficiais, estéreis, bacias de decantação e sedimentação de rejeitos de beneficiamento, entre outros.

As medidas usualmente empregadas nessas áreas incluem:

- a) retaludamentos;
- b) redimensionamentos e reforços de barramentos;
- c) descaracterização de barragens de rejeitos (transformando-as em depósitos de resíduos sólidos);
- d) adequação dos sistemas extravasores;
- e) cobertura das superfícies com camadas de solo e/ou materiais substitutos;
- f) revegetação;
- g) tratamento de efluentes;
- h) tratamento de águas subterrâneas contaminadas;
- i) remediação de áreas com plumas de contaminação.

## **4. ÁREAS DEGRADADAS**

### **LOCAIS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NOVA**

Sejam captações em cursos d'água, poços de coleta de águas subterrâneas, barragens de água e estações de tratamento de água.

As medidas de recuperação mais utilizadas são:

- a) captação e desvio de águas pluviais;
- b) captação e reutilização das águas em outras atividades que forem desenvolvidas;
- c) sistemas de proteção dos cursos de água naturais;
- d) dragagem de sedimentos para desassoreamento de áreas,
- e) implantação de cobertura vegetal.

### **ÁREAS DE INFRA-ESTRUTURA**

São as áreas onde funcionam as unidades de beneficiamento, de estocagem e expedição de minérios, vias de circulação, escritórios, oficinas, armazenamento de combustíveis, oficinas mecânicas.

Nestes locais é comum a adoção de medidas como:

- a) desativação e retirada de estruturas e equipamentos;
- b) reconformação topográfica;
- c) proteção dos cursos de água naturais (por meio de canaletas, valetas, e outros dispositivos);
- d) coleta e tratamento de efluentes e resíduos sólidos (esgotos, óleos, graxas, resíduos contaminados);

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

- e) destinação de resíduos perigosos em locais adequados;
- f) tratamento de resíduos (esgotos, óleos, graxas);
- g) remediação de áreas com pluma de contaminação identificadas.

### **4.3 FECHAMENTO PROGRESSIVO**

Nos casos em que ocorre o planejamento antecipado do fechamento e se pratica a recuperação progressiva das áreas degradadas, os ganhos são visivelmente compensadores. Desenvolver a prática de recuperação de áreas disponíveis no cotidiano da mineração, sem restringir essa atividade, tem inúmeras vantagens.

Apesar de todos concordarem que o planejamento da recuperação de áreas degradadas pela mineração desde a implantação do empreendimento é possível, não é raro observar que na prática este princípio não é adotado (principalmente em empreendimentos de médio e pequeno porte).

A seguir são apresentados dois estudos de caso onde a adoção da recuperação progressiva foi incorporada à rotina da mina. O primeiro descreve o fechamento progressivo de cavas e o segundo trata do fechamento progressivo de pilhas.

### **FECHAMENTO PROGRESSIVO DE CAVAS**

Em Itamarati de Minas - MG, ocorre a exploração de bauxita em uma extensa área. As camadas mineralizadas atingem poucos metros de espessura e são quase superficiais. Por esse motivo, a exploração da bauxita não implica em cavas profundas ou encostas cortadas em bancadas, mas em extensas áreas que são mineradas em faixas consecutivas.

## 4. ÁREAS DEGRADADAS

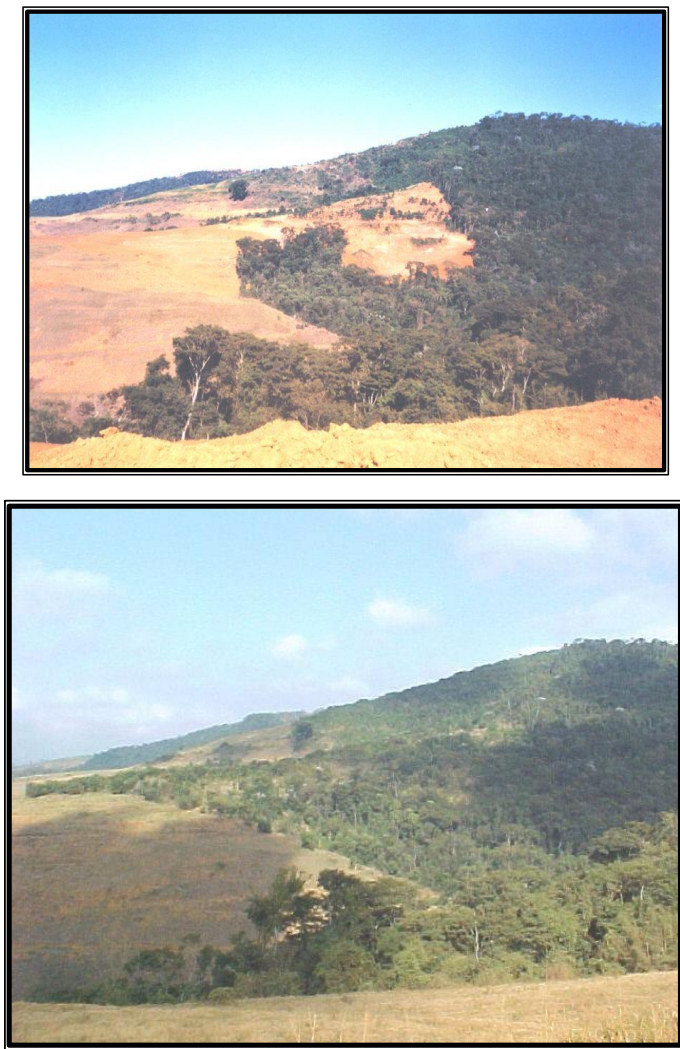
Essa extração em faixas consecutivas possibilita a reabilitação das áreas concomitantemente com o desenvolvimento da lavra. A lavra é planejada em faixas ou fatias que vão sendo retiradas uma de cada vez, obedecendo a seguinte sequência de atividades:

1. A lavra inicia-se pela supressão da vegetação e decapeamento da cobertura de solo, deixando exposta a camada mineralizada de bauxita, tornando o local pronto a exploração do minério propriamente dito.
2. O capeamento é estocado para ser utilizado posteriormente na recobertura da área lavrada, na etapa de reabilitação.
3. Assim que uma faixa do terreno é lavrada, prepara-se outra faixa para iniciar a lavra fazendo o mesmo processo.
4. Enquanto a outra faixa começa a ser preparada, inicia-se a recuperação da faixa exaurida, preenchendo-a com o material estocado e com as escavações da faixa seguinte, até atingir a conformação desejada do terreno;
5. Em seguida, realiza-se a construção de terraços, curvas de nível e recobre-se com solo orgânico para iniciar o plantio no local.
6. Com o processo de revegetação almeja-se atingir uma paisagem estável, em que degradação é minimizada, a terra volta a ser autossuficiente e produtiva, restabelecendo o habitat da fauna.

As próximas faixas de terreno seguirão o mesmo processo. A reabilitação de uma faixa ocorre concomitantemente com a lavra de uma segunda e com a preparação de uma terceira faixa do terreno para ser lavrada.

A sequência de fotos apresentada a seguir permite a comparação entre área a área degradada logo após a mineração e área pós-recuperação em Itamarati de Minas.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figura 4.1:** Mina de bauxita, Itamarati de Minas – MG  
Comparação da área reabilitada após a extração de bauxita  
(1995 e 2003)

Fonte: (Abreu, 2003)

## 4. ÁREAS DEGRADADAS

### FECHAMENTO PROGRESSIVO DE PILHAS

A Mina de Cana Brava situa-se no extremo norte do Estado de Goiás, na extremidade sudeste da serra homônima, município e distrito de Minaçu, a 540km da capital de Goiânia.

Tanto o estéril como o rejeito são dispostos em duas pilhas distintas (Pilha A e Pilha B).

O estéril tem granulometria extremamente variada, desde partículas de fração argila até blocos rochosos com diâmetro em torno de 1m. Este material praticamente não contém fibras livres de amianto, possuindo pequena quantidade agregada à rocha, atualmente sem valor econômico.

O rejeito é constituído de rocha serpentínica cominuída com granulometria entre silte, areia grossa e pedregulho, contendo pequena quantidade de fibras curtas, estimado em aproximadamente 10%. É chamado genericamente de “rejeito fino”, comparativamente aos blocos rochosos presentes no estéril.



**Figura 4.2:** Mina de amianto, Minaçu - GO  
Estéril e Rejeito da Mina de Cana Brava

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

A Pilha A é destinada a co-disposição de estéril e rejeito provenientes da extração do minério e do processo de beneficiamento respectivamente. As bancadas seguem um planejamento e uma geometria definitiva, já preparando para o fechamento da pilha, conforme apresentado na figura abaixo.

À medida que as pilhas avançam, as bermas inferiores vão sendo recobertas por solo fértil e revegetadas. A cobertura vegetal auxilia na contenção de sedimentos e evita o carreamento de sólidos para os cursos d'água. A revegetação segue também um planejamento estudado, privilegiando o uso de espécies nativas para facilitar o processo de reabilitação e facilitar o retorno da fauna local.



**Figura 4.3:** Mina de amianto – Minaçu - GO

Vista geral da Pilha A com as primeiras bancadas já recuperadas



## 4. ÁREAS DEGRADADAS

### 4.4 REMINING PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS

Em geral, o termo *remining* (retomada de lavra) é definido como qualquer operação onde ocorre a mineração adicional em um local que já contou com atividade de mineração originalmente e esta atividade foi abandonada, independentemente da existência ou não de passivos ambientais.

Os motivos para uma atividade de mineração ser abandonada em locais com potencial de exploração podem ser os mais variados (oscilação de preços, falência do empreendimento, acidentes com danos ambientais, entraves jurídicos, etc).

Com a contínua expansão global do desenvolvimento econômico e tecnológico, a demanda por recursos naturais está aumentando exponencialmente, fato que tem permitido o reaproveitamento de minérios com teores cada vez mais baixos e propiciado taxas de aproveitamento mais altas. Assim, muitos materiais que antes eram conceituados como estéreis ou rejeitos, passaram a ser materiais atrativos para o reprocessamento.

No mundo todo, nas últimas décadas, barragens ou pilhas de rejeitos e estéreis estão sendo lavradas e os locais desocupados passaram a ser reaproveitados para novos depósitos de resíduos, ou puderam ter outras destinações impossíveis de se imaginar antes.

Na província de Gauteng - África do Sul, uma área com tradição de mineração de ouro e urânio, várias minas tiveram suas vidas úteis prolongadas com o reprocessamento dos resíduos, a partir dos anos 80.

No Brasil também é comum a atividade de reprocessamento na mineração, como é o caso de antigas barragens de rejeitos de

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

---

minério de ferro, que passaram a ser dragadas e seus resíduos destinados para um novo processo de beneficiamento.

O abandono das atividades de mineração pode resultar nos mais diversos tipos de passivos e a solução de fechamento para esses passivos muitas vezes envolve uma etapa de retomada de lavra, como parte das atividades a serem adotadas.

Geralmente, a retomada da lavra ocorre em locais de antigas cavas, pilhas ou barragens de rejeito e podem servir tanto para aproveitar economicamente o material ali disposto, que antes não era viável, como para estabilizar taludes ou solucionar problemas ambientais.

Nas cavas, a operação de *remining* como medida de fechamento está associada, principalmente, à estabilização de taludes e manutenção do equilíbrio físico e químico no longo prazo.

Em pilhas e barragens de rejeitos, a retomada da lavra pode resultar em outros ganhos ambientais significativos, como por exemplo:

- a) evitar a ocorrência de novos danos ambientais ou minimizar os riscos;
- b) evitar a degradação de novas áreas ainda preservadas, desocupando volumes das pilhas e das barragens e abrindo espaço para novas disposições de rejeitos e estéreis;
- c) otimizar as possibilidades de usos futuros, retirando material e configurando o terreno de forma a diminuir as restrições para se aproveitar o local;
- d) possibilitar a harmonização da paisagem, privilegiando uma reconformação do terreno em harmonia com as formas do relevo natural local;

## 4. ÁREAS DEGRADADAS

- e) angariar recursos para o fechamento desses passivos, ou de outros existentes no local.

A operação de retomada de lavra voltada para o fechamento deve considerar os principais objetivos que regem o fechamento de mina já comentados no capítulo anterior.

Como a retomada de lavra acontece principalmente nas estruturas geotécnicas (cavas, pilhas e barragens), outras medidas devem vir complementar o Plano de Fechamento, exigindo a elaboração de um projeto geotécnico nos moldes formais, acompanhado de plantas, memorial de cálculos e outros desenhos.

No caso de *remining* para fechamento das barragens de rejeitos, é recomendável que o projeto final considere a descaracterização do barramento. Ou seja, o projeto, sempre que possível, deve prever obras que façam a estrutura deixar de atuar como barramento:

- a) Se a barragem estiver implantada em vale seco, remove-se o barramento e implanta-se um sistema de drenagem que restabeleça as condições de drenagem pluvial da área.
- b) Se a barragem estiver barrando curso d'água, deve-se ter o cuidado de implantar um novo leito para conduzir o curso d'água com segurança de montante para jusante da antiga barragem, além das outras medidas.

Em Minas Gerais, a área da antiga BRUMAFER é um exemplo de retomada de lavra para voltada para o fechamento de área de mineração abandonada.

A mineração ocorria na Serra da Piedade, localizada nos limites dos municípios de Caeté e Sabará. O local constitui um conjunto arquitetônico e paisagístico objeto de três tombamentos nas esferas: federal, estadual e municipal.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

Duas unidades de conservação ambiental também foram criadas no conjunto, uma pelo estado e outra pelo município de Caeté.



**Figura 4.4:** Serra da Piedade – Divisa dos municípios Caeté e Sabará - MG

Vista do conjunto arquitetônico e paisagístico

Fonte: [www.santuarionsdapiedade.org.br](http://www.santuarionsdapiedade.org.br)

Em 1997, o Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM) concedeu à Brumafer Mineração Ltda. licenças de operação para dois processos com decretos de lavra, emitidos em 1976 e 1977, pela Presidência da República, sem considerar que eram na Serra da Piedade e no entorno imediato do tombamento federal feito em 1956.

Em 2001, em audiências públicas, a empresa apresentou sua pretensão de ampliar as atividades de exploração minerária na Serra da Piedade. A comunidade reagiu e foi criado o movimento **SOS Serra da Piedade** que articulou uma série de ações de mobilização e de intervenção junto a diversos órgãos.

## 4. ÁREAS DEGRADADAS

---

Em 2002 foi realizada vistoria na Serra da Piedade por uma força tarefa organizada pelo Ministério Público Estadual, resultando em um laudo, que constatou operações de lavra executadas fora da área autorizada pelo DNPM.

A situação se agravou pelo fato de a Brumafer ter dado início à exploração mineral sem prévia aprovação dos órgãos de proteção histórico-cultural, além de promover a exploração de forma desordenada, o que causou sérias lesões ao patrimônio histórico e natural da Serra da Piedade, além de danos ao meio ambiente.

Entre 2002 e 2006, foram feitas várias tentativas de acordos que não lograram em resultados satisfatórios. Enquanto isso, várias manobras ocorreram para alterar os limites ou anular a proteção de áreas onde a BRUMAFER e outras mineradoras atuavam.

Em 2006, os Ministérios Públicos (Federal e Estadual) e o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) entraram com uma ação na justiça pedindo a paralização das atividades e o impedimento do Poder Público para conceder ou renovar licenças de operação no local.

Em 2006, a justiça determinou que a Brumafer paralisasse suas atividades no local, sob pena de pagamento de multa diária em caso de descumprimento da ordem judicial.

A área foi abandonada e os estudos apontaram a existência de um enorme passivo ambiental, que foi se agravando com o tempo.

Uma outra empresa mineradora adquiriu o passivo e propôs uma solução de fechamento para a área que inclui, entre outras atividades, o desenvolvimento da lavra de algumas porções das cavas já existentes e de parte do material contido nas pilhas. O aproveitamento do minério das pilhas está condicionado à viabilidade técnico-econômica da lavra desse material.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

Um acordo judicial entre as partes interessadas acatou tal solução ressaltando que a atividade de exploração mineral só seria justificável enquanto necessária para a recuperação ambiental da área já degradada.

As figuras a seguir apresentam feições dos passivos ambientais existentes no local onde ocorreu a atividade de mineração pela BRUMAFER.



**Figuras 4.5:** BRUMAFER Mineração Ltda. Serra da Piedade - MG

Vista dos passivos ambientais resultantes da atividade de mineração

## 4. ÁREAS DEGRADADAS



**Figuras 4.6:** BRUMAFER Mineração Ltda. Serra da Piedade - MG

Seja qual for a metodologia escolhida ou a técnica adotada para a recuperação de áreas degradadas pela mineração, é importante se ter em mente que deverão ser atendidas as exigências da legislação em vigor e todas as ações deverão estar em consonância com o uso futuro escolhido para o local.

Na verdade, é o tipo de uso definido que vai reger o nível de expectativas e o grau de exigência em relação aos resultados obtidos com a implantação do fechamento de cada mina.



## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

---



### RECUPERAÇÃO DE TALUDE

FOTO DO TALUDE DEGRADADO E IMAGEM DA ÁREA  
APÓS A RECUPERAÇÃO

## **5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS**

---

### **5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS**

---

AUTOR: JOAQUIM PIMENTA DE ÁVILA  
Engenheiro Geotécnico

#### **5.1- BARRAGENS DE REJEITOS**

##### **INTRODUÇÃO E CONCEITOS FUNDAMENTAIS**

A barragem de rejeitos ocupa uma área antes utilizada para outras finalidades, como por exemplo, atividades agropecuárias, ou outra utilização específica da sociedade. Durante a vida útil da barragem, esta área atende a uma finalidade que viabiliza o aproveitamento econômico de bens minerais, recebendo os resíduos não aproveitáveis da mineração.

Ao cessar a atividade de disposição de rejeitos, não tendo mais a área essa destinação, a mesma deve ser fechada e devolvida para a sociedade, para que esta possa utilizá-la com outras finalidades.

A sociedade cedeu a área para uma atividade econômica e, ao término desta, a mesma deve ser devolvida em condições ambientais adequadas aos usos possíveis que a sociedade demandar.

Assim, o fechamento representa a etapa em que, estando as atividades econômicas do empreendimento minerário evoluindo para o seu término, inicia-se a transição e preparação da área impactada, para uma condição estável no longo prazo.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

### **OBJETIVOS**

Os objetivos do fechamento podem ser definidos como:

- permitir o uso da área a longo prazo;
- garantir níveis aceitáveis de qualidade de efluentes (água, metais e particulados);
- dar à área a estabilidade de longo prazo (física, química, biológica e sócio econômica).

Estes objetivos devem ser atingidos em harmonia com a sociedade local (*“stackholders”*: proprietários, investidores, autoridades governamentais, comunidades vizinhas ou impactadas pelo projeto), através do seu envolvimento nas decisões de concepção, detalhamento e implantação da nova situação da área. Incluem-se também nos objetivos do fechamento, que:

- A área afetada pela implantação e operação da estrutura de contenção de rejeitos seja fechada oferecendo condições de segurança e saúde pública ao longo do tempo;

Assim, a atividade de fechamento da área da barragem, deve ter como objetivo livrar a área e o meio ambiente dos agentes de deterioração química e física, buscar minimizar os impactos socioeconômicos e permitir um uso benéfico e sustentável da área por longo prazo.

### **SUSTENTABILIDADE**

O termo sustentabilidade é essencial na definição de estabilidade a longo prazo. Tem sido definido de várias formas, como apresentado a seguir:

Bruntland (1987) define sustentabilidade como:

## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

“Atendimento às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações, de atender a suas próprias necessidades.”

O ICOLD (2013) define sustentabilidade como:

“Conformidade com os objetivos do projeto, padrões e requisitos de estabilidade, desde a concepção, implantação, operação e fechamento.

Garantia, a curto, médio e longo prazos, da estabilidade física e química

Projeto e implementação do fechamento do depósito de rejeitos, para uma situação ecológica e socialmente sustentável.”

Em síntese, pode-se definir a sustentabilidade para as barragens de rejeitos, como: **“a manutenção de condições ambientais satisfatórias, estáveis, no longo prazo.”**

### **PLANO DE FECHAMENTO/ “DESIGN FOR CLOSURE”/ FECHAMENTO PROGRESSIVO:**

O plano de fechamento de uma barragem de rejeitos é um instrumento de gestão ambiental que reúne as informações técnicas, os projetos e as ações que permitem atingir condições ambientais aceitáveis e seguras, após o encerramento da atividade minerária no local.

A boa prática atual recomenda que o plano de fechamento seja elaborado já na fase inicial de projeto (*“design for closure”*). Todo o ciclo de vida da barragem de rejeitos deve ser incluído nos conceitos de fechamento. Este ciclo inclui os estudos e projetos, implantação, operação, fechamento e o monitoramento pós fechamento. (*“after care”*)

A vantagem de ser adotado o *“design for closure”* e os conceitos de fechamento progressivo é que neste conceito a operação é conduzida com foco no fechamento, para que as

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

ações de fechamento estejam praticamente concluídas ao final da vida útil da barragem, ao invés de requerer um grande investimento ao final para adequação à situação pós-operacional.

O **fechamento progressivo** permite pois, atender aos objetivos do fechamento ao longo da vida útil da barragem. Aplica os recursos financeiros do fechamento durante o período em que o empreendimento gera receitas, evitando o acúmulo de ações onerosas para a fase final da vida útil da mina quando há o decréscimo de receita.

O fechamento, portanto, não é uma ação que se inicia quando a barragem exauriu sua capacidade: é um processo dinâmico que se aplica desde a fase de estudos e projetos, dando foco à integração da área ao ambiente da sociedade local.

As soluções de fechamento devem ser reavaliadas continuamente, ao longo da vida útil da barragem, interagindo com o desempenho observado. O plano de fechamento deve, portanto, ser revisto periodicamente.

As características do “*design for closure*” devem incluir:

- projetar, desde os estudos preliminares para atender às condições de fechamento;
- comparar alternativas locais da barragem, considerando os requisitos de fechamento (exemplo: eixo fechando o vale versus eixo fora do vale, potencial de dano e riscos para jusante para locações alternativas);
- examinar a possibilidade de fechamento progressivo;
- comparar alternativas tecnológicas (ex. “*dry disposal*” versus “*wet disposal*”);
- gestão da água do rejeito e água de chuvas;
- composição paisagística final.

## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

---

### HORIZONTE DE TEMPO

O horizonte de tempo para o qual devem ser preparadas as condições de sustentabilidade, influenciam fortemente os critérios de projeto para o fechamento e os dimensionamentos dos diversos dispositivos das estruturas.

Fala-se em **perpetuidade** das estruturas, o que traz certas dificuldades e exageros. Há definições cujo objetivo é indicar uma condição que não se deteriora em um horizonte de tempo suficientemente longo. Alguns países da União Europeia, indicam uma escala geológica de tempo, falando-se em estabilidade “até a próxima glaciação...”!!

Alguns projetos da Austrália consideram 1.000 anos como prazo necessário.

Há, portanto, uma razoável variedade de propostas. É claro que este tempo influencia as dimensões dos dispositivos de drenagem, tempo de retorno das vazões de dimensionamento do vertedouro, declividade dos taludes para as condições diversas de linha freática, etc

A proposta que aqui apresentada como mais razoável é:

**“Tempo em que as condições de equilíbrio se tornam estáveis, comprovadas por monitoramento contínuo: níveis piezométricos, adensamento dos volumes de rejeitos e das estruturas de sua contenção, erosões, qualidade de água efluente, etc.”**

### INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE DISPOSIÇÃO

Os Métodos convencionais de disposição (bombeamento de lama para uma barragem convencional) geram um maior tempo para fechamento e introduzem maior risco no longo prazo, exigindo maior tempo de monitoramento.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

Os lagos de lama exigem que a barragem seja projetada à semelhança de uma barragem de água e seu comportamento no longo prazo precisa ser monitorado para serem garantidas as condições de estabilidade. Para ser aplicada a chamada “*walk away solution*”, a barragem terá que ser descaracterizada mediante soluções de estabilização de todos os seus componentes.

A estabilização dos recalques dos rejeitos do reservatório convencional de lama requer um tempo mais longo.

Os métodos que retiram a água dos rejeitos na disposição (“*dewatered tailings*”), resultam em um maciço, não saturado, mais estável e de menor potencial de dano. Exemplos: empilhamento drenado; rejeitos finos dispostos com secagem e rejeitos filtrados. O tempo de estabilização de recalques e também a estabilização das condições hidrogeológicas são muito menores nestes métodos.

### NECESSIDADE DE ESTRUTURAS/MATERIAIS ESTÁVEIS NO LONGO PRAZO

O uso de materiais não degradáveis a longo prazo e soluções não deterioráveis são fundamentais na estabilidade de longo prazo.

**Geossintéticos** utilizados tanto para a filtração como para a separação de materiais, se degradam com o tempo e não atendem às condições de estabilidade de longo prazo. As condições de aplicação influenciam a durabilidade: incidência da luz solar e raios ultravioletas degradam geomembranas e geossintéticos de modo geral. A cobertura com proteção de solo aumenta a vida útil dos materiais sintéticos, porém a duração desta proteção é também incerta. Fala-se em durabilidade de 20 anos até 100 anos (Koerner e Daniel (1997).



## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

---

A garantia do material liga-se também à garantia da instalação. Na verdade, não existem estas garantias para os geossintéticos.

Por estas razões, preconiza-se que os materiais naturais devem ser utilizados nos dispositivos de drenagem interna (areias e britas de materiais não desagregáveis devem ser utilizados ao invés de geossintéticos); geossintéticos apenas devem ser utilizados em posições de acesso fácil para sua substituição.

**Enrocamentos** devem ser compostos por rochas duráveis e não suscetíveis à desagregação química e de ciclagem umedecimento/secagem.

**Descargas de fundo** são estruturas de uso temporário e devem ser substituídos por vertedouro de superfície no fechamento.

**Dispositivos de drenagem superficial** devem ser estáveis com as deformações dos maciços de terra no longo prazo (exemplo: as canaletas rejuntadas se rompem com o tempo e as erosões se estabelecem e evoluem).

**Vegetação** deve ser adaptada ao ambiente local e a sucessão natural deve ser estabelecida. A vegetação tem função essencial no controle de erosões.

### ASPECTOS CRÍTICOS DO FECHAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITOS

Conforme definido nos parágrafos anteriores a estabilidade de longo prazo é a característica fundamental das estruturas no fechamento. Indica-se a seguir, os aspectos principais que influenciam estas características desta estabilidade.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

### **ESTABILIDADE FÍSICA**

São componentes importantes da estabilidade física:

#### Estabilidade de taludes a longo prazo:

Ao longo do tempo, as condições de equilíbrio dos taludes tendem a ser alteradas pelas variações de posição da superfície freática e das zonas de saturação, além das modificações de geometria dos taludes pela erosão de sua superfície, alterando a estabilidade ao escorregamento dos taludes.

O projeto deve avaliar e prever as configurações futuras das linhas de saturação e a geometria dos taludes deve ser definida, tendo sua estabilidade calculada para configurações estáveis no longo prazo.

O sistema de drenagem interna deve ser composto de materiais naturais, não desagregáveis ao longo do tempo, com granulometria estável às condições de erosão interna, para que as redes de percolação não sejam alteradas ao longo do tempo.

#### Controle de erosão

Ao longo do tempo a drenagem superficial tende a se deteriorar e os fluxos de drenagem tendem a erodir as superfícies dos taludes. Os dispositivos de drenagem superficial devem ser implantados de forma a não permitirem o desvio do fluxo para posições sobre os solos erodíveis que solapam a base dos dispositivos, levando os mesmos à ruptura e à perda de sua capacidade de condução dos fluxos de forma estável.

Sempre que possível deve ser evitado o uso de canaletas de concreto, rejuntadas, que trincam e abrem as fendas, levando o fluxo a erodir suas bases deteriorando sua estabilidade.

As fotos a seguir mostram dois exemplos de dispositivos de drenagem: um com canaleta de concreto deteriorada pela erosão

## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

em sua base e outro com materiais naturais, com a colocação de materiais de transição entre o solo e o enrocamento, que é a superfície de fluxo.

Ao longo do tempo a vegetação adequadamente escolhida se desenvolve nos vazios dos materiais de transição e do enrocamento, transformando a superfície de fluxo estável no longo prazo, desde que seja implantada com baixa declividade e pequena área de drenagem.



**Figuras 5.1 e 5.2:** Canaletas de concreto danificadas e dispositivo de drenagem superficial utilizando materiais naturais

Deve-se adotar bermas de largura no mínimo seis metros para comportar uma leira na sua extremidade externa e área suficiente para o fluxo longitudinal. As cristas das bermas devem ser dotadas de declividades mínimas de 5%.

Revestimento de materiais naturais (Figura 5.2) colocados com transições adequadas, que se integram à revegetação e no longo prazo resistem à erosão. Esta solução também se acomoda melhor às deformações do maciço, sem deterioração das condições de resistência à erosão.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

A declividade das superfícies de fluxo, devem ser baixas, compatíveis com as velocidades limites de fluxo para provocar a erosão. Solos coesivos, compactados, resistem bem a fluxos de até 1,0 m/s de velocidade. Desníveis dos taludes devem ser pequenos para limitar as velocidades de descida da água precipitada sobre o talude, evitando sua erosão. O desnível entre as bermas que recebem o fluxo do talude acima das mesmas devem ser menores. Solos menos coesivos devem ter menores desníveis (<5,0 m.) A condução da água deve ser preferencialmente nas bermas sub horizontais, (com pequena declividade longitudinal), conduzindo o fluxo, em pequenas velocidades, para as laterais da estrutura em posições de drenagens naturais anteriores à implantação da estrutura. As descidas de água na maior inclinação dos taludes devem ser evitadas pois levam a maiores velocidades, o que é sempre um risco de erosão e deterioração da superfície de solos.

A melhor combinação de revestimento de superfícies de drenagem, no longo prazo, é a combinação de dispositivos de drenagem eficientes no curto prazo, no período em que a vegetação protetora ainda evolui em sua sucessão de vegetação rasteira, para no longo prazo possuir vegetação com raízes mais fixas e resistentes à erosão. No longo prazo, em que a vegetação já é capaz de proteger a superfície contra a erosão, os dispositivos de drenagem (canaletas e outros revestimentos) não são mais essenciais à proteção contra a erosão e as condições naturais da vegetação tornam-se a principal proteção. Vegetação com raízes em malha são eficientes para a proteção da erosão no longo prazo.

A escolha das espécies a serem aplicadas na vegetação de bermas e taludes, deve considerar as condições ambientais locais, (pluviosidade, estações secas prolongadas, espécies nativas locais) e a capacidade das diversas espécies de resistirem ao fluxo de água em condições torrenciais.

## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

---

### Integração à paisagem

A topografia final das superfícies deve harmonizar as geometrias dos taludes e os patamares à paisagem do local, procurando aproximar as superfícies dos taludes o mais perto possível das formas de relevo existentes nas adjacências da estrutura da barragem. Ou seja, aproximando da geometria original do terreno, antes da implantação da estrutura.

No controle da erosão interna, os riscos de “*piping*” devem ser mantidos os mais baixos possíveis, adotando gradientes baixos e materiais resistentes à erosão (critérios de filtros). O sistema de drenagem interna utilizado na barragem deve ser protegido em suas saídas para garantir a retenção de sólidos carreados.

### Controle de cheias no longo prazo

No caso de barragem cuja solução de fechamento mantém a estrutura do barramento, o vertedouro tem que ter capacidade de escoar as vazões de longo prazo e seu projeto deve então considerar a situação de precipitação máxima provável e vazão máxima provável. Isto significa projetar uma solução de vertedouro com capacidade maior que a requerida para o período operacional, devido ao fato de que o tempo de retorno das cheias de projeto do vertedouro, no longo prazo, devem estar associadas à VMP (Vazão Máxima Provável).

Vertedouros em orifícios e galerias enterradas ou em túneis não são boas soluções de fechamento, pois sua estabilidade de longo prazo é questionável. Além disso, há a possibilidade, no longo prazo, de obstrução das entradas destes orifícios, por galhadas e troncos. Nestes casos deve ser projetado um vertedouro de superfície em soleira livre para o fechamento.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

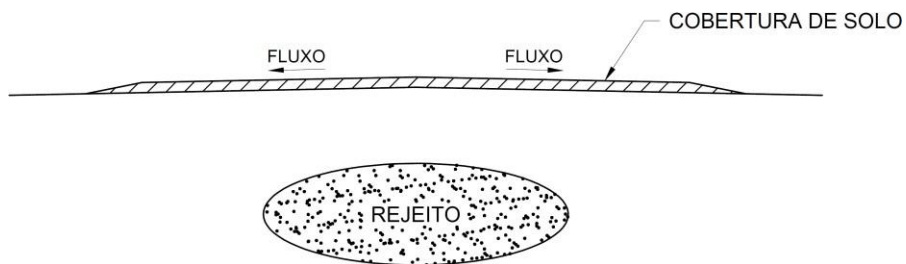
### ESTABILIDADE QUÍMICA

No caso de conteúdo de rejeitos não inertes, a estabilidade química de longo prazo necessita ser abordada no plano de fechamento para que os elementos contaminantes sejam controlados para não serem liberados para o meio ambiente. (Ver capítulo 6, Gestão de Áreas Contaminadas)

Substâncias com potencial de geração de drenagem ácida, necessitam ser isoladas ou estabilizadas. Os metais pesados e outros elementos químicos poluidores, precisam ser contidos para não serem lixiviados com a água de percolação e liberados para o meio ambiente.

Estes aspectos são solucionados pelo isolamento do conteúdo potencialmente poluente, seja pelo revestimento do fundo do reservatório, seja pela implantação de cobertura do conteúdo do reservatório com solo impermeável, ou pouco permeável, que desviará o fluxo de água superficial limpa para a drenagem externa, separando da drenagem dos contaminantes.

Um exemplo de esquema de cobertura está apresentado na figura a seguir.



**Figura 5.3:** Corte esquemático da cobertura sobre o depósito de rejeitos

## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

---

A camada de cobertura deve ter declividade para fora da área do reservatório para proporcionar uma drenagem divergente para as laterais do depósito, isolando a água limpa de chuva da água contaminada no interior do depósito de rejeitos contaminados.

Os fluxos de água contaminada devem ser separados e controlados, identificando seus caminhos, medindo suas vazões e recuperando os volumes percolados para seu encaminhamento e tratamento, antes de sua liberação para o meio ambiente. Esses procedimentos necessitam ser monitorados e sua evolução acompanhada no tempo até a sua completa estabilização, quando então uma solução do tipo *“walk-away solution”* poderá ser aplicada.

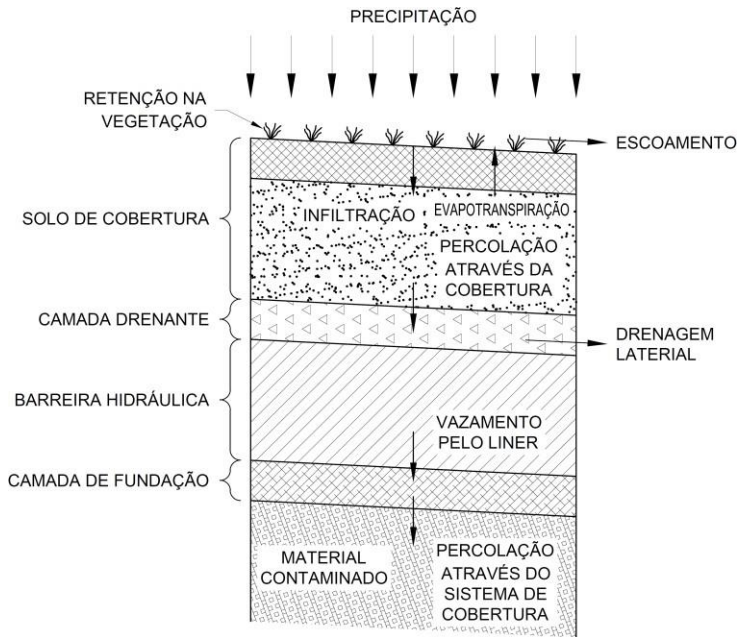
Este processo pode ser longo e oneroso, razão pela qual a solução a ser adotada deve avaliar as soluções que confinam os contaminantes, eliminando a possibilidade de sua liberação.

Os efluentes de drenagem superficial de água de chuva, portanto limpa, devem ser separados do fluxo de água contaminada, a qual deve ser controlada, medida e monitorada em todas as suas fases até o tratamento e descarte.

O sistema de drenagem de água subterrânea, coletada pelo sistema de drenagem subsuperficial sob a manta ou solo de revestimento, deve ser monitorada para captar a existência de contaminação por eventual ruptura da manta, ou trinca do solo de revestimento. Se ocorrer a contaminação esta água deverá ser captada e bombeada para o reservatório ou tratada e descartada para o meio ambiente. No longo prazo o monitoramento da qualidade desta água indicará quando a qualidade se torna aceitável. Só então, esse monitoramento se tornará dispensável.

A seção típica das camadas de uma cobertura para atender às condições de proteção contra fluxos de contaminantes está apresentada na figura a seguir.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figura 5.4:** sequência típica de camadas de uma cobertura para rejeitos contaminados (Cf. Koerner and Daniel, 1997)

### ESTABILIDADE BIOLÓGICA

A implantação da barragem ou depósito de resíduos, impacta a flora e a fauna do local e as condições iniciais da área precisam ser estudadas e sempre que possível restituídas. Esta restituição deve ser feita em condições de manutenção no longo prazo. São aspectos importantes para esta manutenção:

#### Condições do solo

As condições do solo que servirá de substrato para a revegetação devem ser verificadas no início dos trabalhos de implantação da barragem, pois durante a supressão vegetal, são



## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

---

escavados e eliminados da superfície, solos orgânicos e substratos importantes na revegetação. A prática de estocagem e armazenamento para uso futuro destes materiais torna-se adequada. A manutenção de um viveiro e o cultivo de espécies importantes na manutenção da vegetação devem ser adotados.

### Condições da vegetação no local

A presença da fauna local é função da vegetação presente. É a vegetação que fornece elementos para o sustento da fauna e este fato deve ser considerado em relação aos corredores ecológicos, os quais devem ser mantidos e/ou restituídos. Os corredores ecológicos reduzem ou previnem a fragmentação de áreas de matas existentes, por meio da conexão entre diferentes modalidades de áreas, permitindo a locomoção da fauna.

O retorno da fauna local para a área fechada é um bom indicador de sucesso do equilíbrio biológico.

No período de monitoramento das condições de fechamento, este deve abranger não só os solos de substrato, mas também a sobrevivência das espécies e seu desenvolvimento, dando prioridade a estes aspectos nas ações de fechamento.

### **ESTABILIDADE SOCIOECONÔMICA/USO FUTURO**

As condições de estabilidade socioeconômica devem ser abordadas no início do projeto pois as ações de implantação da barragem tem seus efeitos logo no início da implantação

### Controle dos impactos socioeconômicos

A ocupação da área da barragem e do depósito dos rejeitos pode deslocar a moradia de pessoas ou utilidades de seu uso, como hortas, pastos, nascentes que sejam fontes de abastecimento de água, etc. Estradas e caminhos locais de

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

acesso, utilidades da infraestrutura local também podem ser afetados.

Estes impactos podem ter suas consequências de caráter definitivo, ou temporário com a possibilidade de retorno à situação anterior, após o fechamento. Estas possibilidades devem ser abordadas e encaminhadas no estudo do uso futuro da área, que é um aspecto da maior relevância no plano de fechamento. O planejamento territorial da área deve ser abordado com vista à situação de fechamento e retorno da área para uso e custódia da comunidade local.

Desta forma os estudos devem contar com a participação da população local, (diretamente ou através de suas lideranças). O levantamento das alternativas de uso futuro da área da barragem de rejeitos, deve incluir a visão e objetivos da população local.

Para uma barragem de rejeitos, o uso futuro como reservatório permanente implica que a solução de fechamento deverá abordar a existência de uma estrutura que requer cuidados de manutenção e monitoramento e que no longo prazo a custódia destas estruturas deverá passar para a sociedade local, uma vez que após o fechamento da mina, no longo prazo, a empresa mineradora já se retirou da área e a população local deverá ter a custódia da área (ver Capítulo 2 – Uso Futuro).

Se a sociedade local não tiver a preferência pela permanência da barragem e seu reservatório, como opção de uso futuro da área, a barragem deverá ser descomissionada e transformada em área comum, devidamente preparada com sistemas de drenagem e proteção contra as erosões e com estabilidade garantida.

O ponto importante é que a área da barragem e seu reservatório, transformam-se no futuro em equipamentos permanentes da sociedade e como tal sua concepção, planejamento e implantação devem ser feitos com a sua

## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

participação. Assim as alternativas de uso devem ser apresentadas pelo empreendedor à população local para que esta participe do processo de seleção do uso futuro.

### 5.2-PILHAS DE ESTÉRIL E TALUDES

As pilhas de estéril, constituem-se em mudanças permanentes no relevo e na paisagem do local, onde foi escolhida a área para disposição dos materiais estéreis, obrigatoriamente escavados para a atividade de lavra, mas que não contêm minério em escala econômica para aproveitamento.

Resulta então, que a atividade de lavra necessita dispor dos materiais estéreis de forma permanente. Em alguns casos os volumes de estéril podem ser aproveitados como fonte de material para aterros, como por exemplo para preenchimento de cavas exauridas (ver item 5.3, cavas ), dispensando a necessidade de implantar pilhas.

As características das pilhas de estéril, após o fechamento, precisam guardar as características de estabilidade e sustentabilidade de longo prazo, da mesma forma e características que foram descritas no item 5.1 para as barragens de rejeitos, quais sejam:

- permitir o uso da área a longo prazo;
- garantir níveis aceitáveis de qualidade de efluentes (água, metais e particulados);
- Dar à área a estabilidade de longo prazo (física, química, biológica e sócio econômica).

Os materiais das pilhas de estéril podem conter materiais contaminantes ou serem compostos apenas de materiais inertes. As descrições mostradas a seguir são aplicáveis a ambos os tipos, sendo que para as pilhas contendo materiais

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

contaminantes, esta característica é ressaltada juntamente com os procedimentos requeridos para o seu fechamento.

Uma pilha de estéril é uma estrutura a ser tratada essencialmente com a filosofia de “*design for closure*”, pois as correções de defeitos em uma pilha, pelo mau desempenho pós fechamento, torna-se muito onerosa.

A foto a seguir mostra uma pilha com mau desempenho pós-fechamento. Nota-se a presença de erosões generalizadas, por deficiência de drenagem e instabilidade dos taludes.



**Figura 5.5:** Pilha com erosões generalizadas e processos de instabilização de taludes em desenvolvimento

### ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

A hidrogeologia da área de uma pilha de estéril é de vital importância, tanto no projeto da pilha para sua estabilidade no período operacional da mina, como nas ações para seu fechamento, na sua estabilidade a longo prazo.

## **5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS**

---

A fundação de uma pilha de estéril tem, em geral, características hidrogeológicas que condicionam a futura saturação do maciço de solo da pilha. Em uma encosta, a linha de saturação alimentada pela água subterrânea assume posições mais e mais altas se a saída do fluxo subterrâneo for bloqueado. Então se a pilha de estéril não é dotada de um dreno de fundo, há uma tendência da pilha se tornar saturada, com instabilização do seu talude, visto que o solo da pilha, sem a drenagem no contato com a fundação, será saturado pela água subterrânea. Desta forma as pilhas de estéril que foram construídas no passado, sem a drenagem de fundo, apresentaram problemas de instabilização e algumas com grandes escorregamentos. O projeto de fechamento de uma pilha de estéril precisa portanto considerar a geometria e eficiência da drenagem existente. É importante que na fase operacional e de formação da pilha esta seja monitorada para que as informações sobre a saturação da pilha sejam obtidas.

As características hidrogeológicas e de estabilidade da pilha e suas fundações devem ser investigadas, através da instrumentação da pilha para obtenção de informações sobre o comportamento durante o período operacional. Piezômetros e marcos superficiais e, eventualmente inclinômetros, devem ser instalados e as medidas obtidas com as leituras destes instrumentos serão de grande valia no projeto de fechamento, na avaliação da estabilidade de longo prazo. A previsão da posição da linha de saturação no longo prazo, para as análises de estabilidade, pode ser feita com base neste monitoramento.

### **ESTABILIDADE DA PILHA**

As pilhas de estéril estáveis, conforme observações de pilhas existentes, têm características de taludes com inclinações de 22° a 26° de ângulo médio. Dada a grande variabilidade de materiais que formam o maciço da pilha, esta observação é

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

importante pois as análises de estabilidade poderão não dispor de informações mais precisas para os cálculos.

A configuração mais frequente de pilhas, que deve ser considerada para o fechamento é, portanto: a implantação de um dreno no fundo de grota na fundação (cuja eficiência deve ser comprovada); a adoção do método de construção ascendente (nas pilhas de construção mais recente); com taludes de inclinação média entre  $22^\circ$  e  $26^\circ$  e bancadas com taludes de 1V:2H. A largura de bancada deve ser entre 6,0 metros (mínimo) e 10,0 metros (ideal para uma boa drenagem superficial de longo prazo).

Muitas pilhas são construídas em aterro de ponta cuja inclinação resulta um ângulo de talude natural de repouso, com inclinação de 1V:1,4H. Esta inclinação não é adequada para fechamento pois tende apresentar escorregamentos superficiais como resultado da saturação nos períodos de chuva e erosões dos taludes. Para estabilização de longo prazo a inclinação de taludes deve ser abatida para 1V:2H, entre bancadas.

### **DRENAGEM SUPERFICIAL**

Deve ser evitada a descida de água com canaletas de concreto e a boa drenagem pode ser obtida com drenagem longitudinal com bancadas inclinadas conduzindo o fluxo para as laterais. Um mínimo de descida de água deve ser adotado, e as estruturas de concreto devem ser evitadas. Descidas de enrocamento com camadas de transições sob o enrocamento são eficientes e duráveis, se mantiverem seções de ampla largura e abundância de enrocamento na base (onde se dá o fluxo) e nas laterais de confinamento.

## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

---



**Figura 5.6:** Pilha com drenagem em canaleta de concreto rompida

A declividade transversal das bancadas da ordem de 5% combinada à declividade longitudinal permitem o fluxo do centro para as laterais. Na transversal, a largura de 6,0 a 10,0 metros permite a colocação de uma leira na face externa da bancada e o fluxo se dá na parte mais baixa da bancada.

O revestimento das bancadas, de solo argiloso, preferivelmente com concreções lateríticas, resulta em boa resistência à erosão no longo prazo.

A vegetação de revestimento das pilhas deve ser de espécies com raízes em malha para reter as partículas sólidas e prevenir o seu carreamento.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

### **PILHA COM MATERIAIS CONTAMINANTES**

Quando os materiais formadores das pilhas incluem contaminantes e/ou potencial de geração de drenagem ácida estes materiais precisam ser isolados para que a drenagem no volume da pilha não resulte em contaminação ambiental.

O tratamento para o fechamento deve seguir os mesmos princípios aplicados para os rejeitos nas barragens (item 5.1): isolamento dos volumes através de cobertura do fundo onde apoia-se a pilha, cobertura esta através de geomembrana ou solo argiloso compactado. Sob o revestimento deve ser instalado um sistema de drenagem subsuperficial, com saída controlada a jusante para coleta e análise da qualidade da água efluente. No caso do revestimento do fundo ser danificado e permitir a passagem da água contaminada para a fundação, o sistema de drenagem subsuperficial capta esta água, que pode então ser coletada na saída desta drenagem a jusante e bombeada para o local de tratamento e então para o descarte.

Sobre o depósito, é necessário uma cobertura, para separar a água de chuva precipitada sobre a pilha e seu desvio para uma drenagem independente. Os princípios desta cobertura são semelhantes aos descritos para as barragens de rejeitos.

### **TALUDES**

Os taludes tratados a seguir são casos de taludes naturais, em áreas de mineração, que foram expostos pelas intervenções da terraplenagem e necessitaram de tratamento para o fechamento da mina, pois não foram implantados com a visão de *“design for closure”*. Assim, não só no caso de pilhas e barragens, os taludes degradados pelas ações de lavra necessitam ser corrigidos para aceitação das condições de fechamento.



## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

São apresentados a seguir dois exemplos de correção de taludes afetados por erosões e que tornaram-se voçorocas.

O primeiro caso, ilustrado pelas Figuras 5.7 a 5.9, mostra diferentes estágios de degradação e correção do mesmo talude.



**Figuras 5.7 a 5.9 :** Sequência de fotos mostrando o talude degradado devido à deficiência de drenagem (no alto); após terraplenagem e aplicação de grama (à esquerda), após o crescimento da cobertura vegetal (à direita)

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

A deficiência de drenagem possibilitou o acúmulo de água na área do topo do talude que ao transbordar descendo pelo talude, provocou a erosão e escorregamento do mesmo.

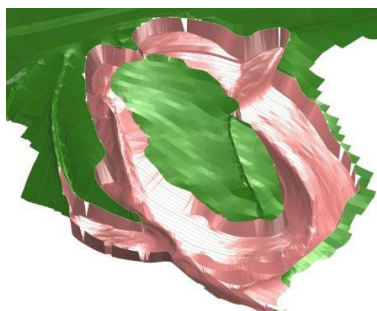
A correção foi feita por terraplenagem seguindo o formato de um anfiteatro ao longo das curvas de nível, com a drenagem seguindo as bancadas sub-horizontais, direcionando o fluxo para as encostas laterais. Assim, fluxo descendente pelas bancadas foi evitado, sendo direcionado para um escoamento de fluxo que simulava as características próximas do fluxo natural da encosta. Atualmente, a estabilidade física e biológica da área do talude está comprovada e o seu fechamento constitui um caso de sucesso. A integração à paisagem local pode ser verificada na imagem aérea apresentada a seguir, onde é difícil distinguir o antigo talude danificado do restante da área.



**Figura 5.10** : Imagem aérea (2015) do local do antigo talude degradado (área circulada de vermelho).

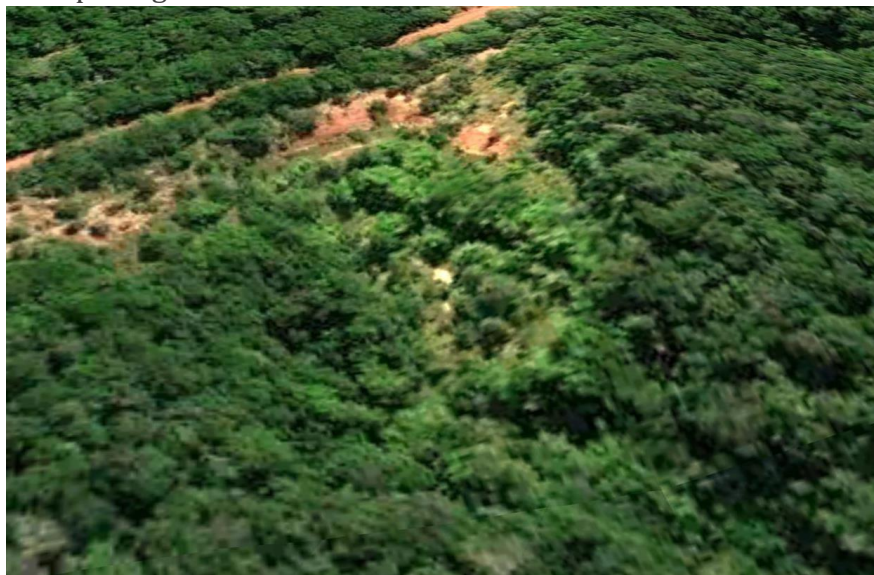
## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

As figuras a seguir ilustram um outro caso de recuperação de taludes degradados pela deficiência de drenagem superficial.



**Figura 5.10 (esq.):** representação da área erodida por problemas de drenagem (a parte em coloração avermelhada corresponde a voçorocas).

**Figura 5.11 (dir.):** a mesma área mostrando o projeto de terraplenagem corretiva da área



**Figura 5.12:** A mesma área com configurações dos taludes em condição de fechamento, com drenagem estabilizada

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

A terraplenagem da área foi feita implantando taludes escalonados em declividade baixa (em configuração próxima das curvas de nível naturais), com bancadas de pequena declividade para as laterais, onde o fluxo é lançado para o interior da floresta em canaletas que extravasam quando cheias.

### **5.3 CAVAS**

O fechamento de cavas de lavra, trazem alguns aspectos contraditórios que decorrem da diferença de condições operacionais e de fechamento.

Na fase de operação, o ângulo de talude é projetado com uma declividade próxima do limite de estabilidade, para maximizar o proveito na extração do minério. Em contraposição, a estabilidade no longo prazo exige ângulos estáveis para as condições mais severas de linha de saturação.

A estabilidade dos taludes é portanto um dos problemas mais desafiadores no plano de fechamento de uma cava. Outro aspecto que a operação dá ênfase diferente na fase do fechamento é na largura de bancadas: para o fechamento é necessário que as bancadas sejam mais largas, o que não é conveniente para a operação, pois limita o aproveitamento da reserva.

Estes aspectos significam que o projeto de lavra tem muitas dificuldades de seguir a filosofia do “*Design for Closure*”.

### **HIDROGEOLOGIA**

A hidrogeologia é de vital importância na estabilidade das cavas tanto na fase operacional como pós fechamento. No planejamento da operação as atividades de lavra em cavas,



## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

---

abaixo do lençol freático, requerem a operação a seco, o que obriga à implantação de um sistema de rebaixamento do lençol freático para o período operacional. A água bombeada pelo sistema de rebaixamento é utilizada para suprimento da demanda hídrica da mina, para abastecimento das comunidades adjacentes à mina, ou simplesmente retorna ao meio ambiente.

Desta forma o conhecimento das características de hidrogeologia da área da cava é aplicado: no projeto de rebaixamento; na previsão de posição de nível de água na cava no longo prazo após o fechamento e; na avaliação de estabilidade dos taludes durante a operação.

Para que estes trabalhos sejam bem fundamentados é necessário instrumentar a posição do nível de água no volume inteiro da cava. Um modelo hidrogeológico é preparado para o projeto e este é de grande valia no planejamento do fechamento. Em primeiro lugar, na solução de uso futuro da cava sempre se considera a possibilidade de transformar em lago, o poço da cava.

A solução de lago para ser planejada torna necessário: estimar a elevação que será possível manter no lago; quanto tempo, após desligar o sistema de rebaixamento, o lago chegará a sua elevação máxima; e quais variações ocorrerão no período de chuvas e no período de seca.

É necessário manter um monitoramento prévio das oscilações do NA do lago, ao longo do ciclo hidrológico, para uma boa previsão destes níveis. Se o lago for utilizado como um reservatório de água no longo prazo, deve ser feita a previsão de vazão a ser suprida pelo lago, ao longo do ciclo hidrológico.

Todas estas estimativas necessitam de um bom modelo hidrogeológico e seu monitoramento ao longo de alguns ciclos hidrológicos, o que é proporcionado no período de exploração das reservas.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

É, portanto, necessário que logo no início do projeto, o programa de monitoramento hidrogeológico seja iniciado. Assim na fase de planejamento do fechamento as informações necessárias serão confiáveis.

### **ESTABILIDADE DOS TALUDES DA CAVA**

A declividade dos taludes da cava no horizonte de fechamento deve atender às condições de estabilidade no longo prazo. As condições de longo prazo são evidentemente mais exigentes que as do período operacional, dependendo do uso futuro da área da cava.

Evidentemente que o uso como lago não será tão exigente como outra utilização em que a área da base da cava seja utilizada com a presença de pessoas, o que exigirá uma margem de segurança muito maior. Desta forma o uso futuro deve ser definido em primeiro lugar.

Outro ponto a ser abordado é a condição hidrogeológica de projeto que vai condicionar a posição de freática nos taludes para os cálculos de estabilidade.

Como a estabilidade na fase operacional admite, em geral, mais riscos que a fase pós fechamento, o talude de fechamento necessita reforço, para a estabilidade de longo prazo (quando os serviços de manutenção e operação não estão mais disponíveis), exceto no caso de adoção de lago, que pode aceitar eventuais instabilidades de pequenos volumes. Este reforço costuma ser adotado com aterro de estéril na base da cava em geometria que proporciona acréscimo de segurança nos taludes.

Quando a mina ainda continua em operação explorando outra cava, a cava exaurida pode ser fechada com enchimento de estéril ou disposição de rejeitos. Há vários exemplos destas soluções que acabam por resultar na solução mais econômica.

## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

O exemplo a seguir mostra uma solução com disposição de rejeitos.

### EXEMPLO DE FECHAMENTO COM DISPOSIÇÃO DE REJEITOS

A cava do Germano na mina da Samarco em Mariana teve seu projeto de fechamento com disposição de rejeitos.

Como a cava era aberta em uma face, esta face foi fechada em talude, o qual foi projetado para as condições de fechamento. Neste caso o enchimento está sendo feito com rejeitos de flotação de minério de ferro, com disposição em empilhamento drenado.

As fotos a seguir mostram a cava do Germano, em fechamento.

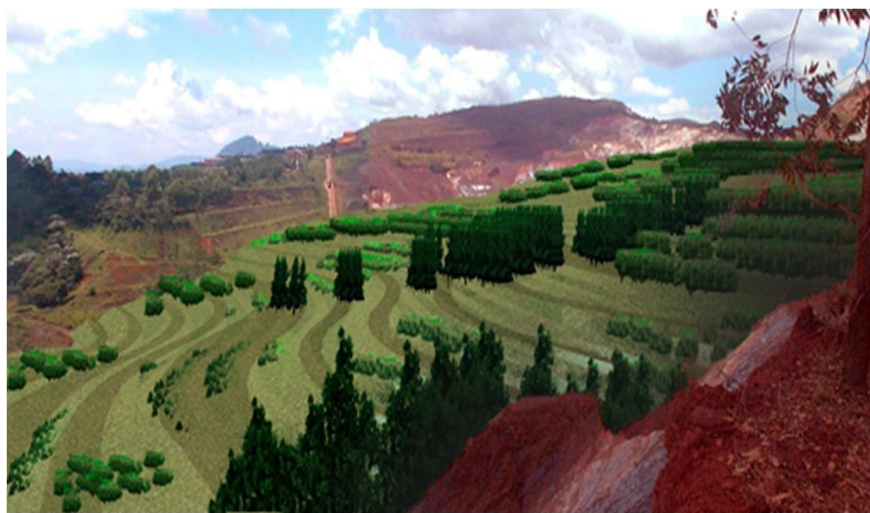


**Figura 5.13:** Cava do Germano no início da implantação do fechamento

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figura 5.14:** Cava do Germano em fase de enchimento



**Figura 5.15:** Cava do Germano: vista artística do talude na fase final



## 5. FECHAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

---

O aspecto de segurança deve ser abordado no fechamento de cavas para evitar o acesso à crista do talude com possibilidade de acidente com queda para dentro da cava. Uma solução possível a ser examinada é a implantação de valeta de crista de talude, afastada de certa distância do talude e contornando-o de forma que o acesso à cava seja impedido pela valeta. Uma cerca contornando a crista do talude é também necessária para impedir a aproximação de pedestres.

A colocação de valeta tem também a função de drenagem definitiva, desviando o fluxo de água pluvial da face do talude. Este fluxo deve ser sempre direcionado lateralmente à cava para evitar a ação deletéria da passagem de água pluvial com velocidade pela face do talude e, com isso, provocar erosões ao longo do tempo, como ocorreu no talude apresentado na Figura 5.7.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



ÁREAS CONTAMINADAS PELA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO

## **6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS**

---

### **6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS**

AUTORA: PAULA SANTANA DINIZ  
Engenheira Química – Analista do MPMG

Segundo GODOY (2002), minerar significa extrair economicamente bens minerais da crosta terrestre. Compreende a pesquisa, o desenvolvimento e a lavra, assim como o transporte, o manuseio, o beneficiamento e toda infraestrutura necessária a essas operações de transformação. Portanto, a mineração, base da indústria de transformação, produz, notoriamente, impactos ambientais negativos, inerentes às suas atividades nas várias partes do processo, demandando um rigoroso acompanhamento ambiental para controlar os seus efeitos sobre o meio natural e o modo de vida das populações.

Em regra, esses impactos possuem magnitudes diferenciadas, conforme a etapa de implantação do empreendimento, o recurso a ser explorado e o porte da exploração. Alguns se manifestam desde o início da atividade minerária, continuando durante todo o período de operação e permanecendo vários anos após o fechamento da mina.

Nesse contexto, a desativação de um empreendimento minerário constitui uma etapa importante e é imprescindível que o seu estudo tenha como finalidade reduzir ou eliminar o passivo ambiental após o fechamento de uma mina, bem como proteger a saúde e a segurança da comunidade e permitir, no local, um uso produtivo similar ao original ou uma alternativa aceitável.

De forma a alcançar os objetivos anteriores, é necessário que o local esteja não somente em condições adequadas de estabilidade física (taludes, pilhas de estéril barragens de rejeitos), como também de estabilidade química. A estabilidade química significa que, uma vez cessadas as atividades de

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

---

mineração, não deverão ocorrer reações químicas que possam prejudicar a qualidade ambiental dos ecossistemas e afetar a saúde humana. Assim, a manutenção da estabilidade química implica na contenção de substâncias químicas contaminantes de modo a evitar que as mesmas sejam introduzidas no meio ambiente (ar, solo, águas superficiais e águas subterrâneas, fauna e flora).

A contaminação por compostos químicos ocorre em virtude de inúmeros fatores, dentre os quais podemos destacar:

⇒ carreamento de partículas sólidas das áreas operacionais, que podem ocasionar o aumento da turbidez dos cursos d'água superficiais;

⇒ vazamento de produtos químicos, muitas vezes classificados como substâncias tóxicas e perigosas, utilizados tanto na extração e beneficiamento dos minérios como em algumas instalações da empresa (oficinas mecânicas e postos de combustíveis, por exemplo), que podem contaminar o solo e os recursos hídricos (superficiais e subterrâneos);

⇒ emissão, sem tratamento prévio, de efluentes sanitários e industriais, que podem alterar a qualidade do solo e dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), bem como impactar a flora e a fauna;

⇒ lixiviação de pilhas de estéril, que pode causar a contaminação do solo e do lençol freático por metais pesados<sup>1</sup>;

---

<sup>1</sup> O termo metal pesado é utilizado por diferentes autores de forma distinta. Segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC), há uma ampla tentativa de conceituar e definir o termo “metal pesado”, porém, cada “metal” deve ser estudado separadamente de acordo com suas características químicas, biológicas e propriedade toxicológicas. Garcia et al. (1990; in Macêdo, 2002) relacionam o termo metal pesado com a densidade mínima de 4,5 g/cm<sup>3</sup>. Já Coker & Matthews (1983; in Macêdo op cit, p.1) estipulam uma densidade de 5 e Fergusson

## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

---

⇒ disposição inadequada de resíduos, que pode ocasionar a contaminação do solo por metais, sulfatos, óleos e graxas;

⇒ geração de drenagem ácida de mina, que é a formação de ácido sulfúrico em virtude da exposição de minerais sulfetados (pirita, marcassita, esfarelita, arsenopirita e calcopirita) ao oxigênio e umidade. Sua ocorrência tem sido relatada em minas de ouro, metais básicos, carvão e urânio, devido a existência de pilhas de estéril, barragens de rejeito, estoques de minério, galerias de minas subterrâneas, pilhas de lixiviação e cavas de minas a céu aberto. A drenagem ácida contém, normalmente, elevadas concentrações de metais solubilizados, podendo representar um risco à saúde humana e aos receptores ecológicos por longos períodos após o fechamento da mina.

Sánchez (1995) propõe uma série de poluentes químicos que, comumente, podem ser gerados pela atividade de mineração, conforme apresentado no Quadro 5.1.

---

(1990; in Macêdo, op cit, p.1 , et seq) de  $6,5 \text{ g/cm}^3$ . Para Malavolta (1994; in Macêdo, 2002), define-se metal pesado como os elementos que têm peso específico maior que  $5 \text{ g/cm}^3$  ou que possuem número atômico maior que 20. Esta expressão engloba metais, semi-metais e mesmo não metais, ou metalóides como o selênio. Alloway (1993) incluiu o arsênio e o selênio ao termo. Alguns destes metais pesados estão entre os mais danosos elementos poluentes. Estes elementos são conhecidos como metais tóxicos, e os principais são o chumbo, cádmio e mercúrio.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

**QUADRO 6.1: POLUENTES GERADOS NA MINERAÇÃO**

| <b>POLUENTE</b>                        | <b>ORIGEM</b>  |
|--|--|
| Poluentes Orgânicos                    | Instalações sanitárias; detergentes utilizados nas instalações de apoio; reservatórios inundados sem prévia remoção da vegetação |
| Sais (Sólidos dissolvidos)             | Minério; Estéril; Rejeitos; Reagentes  |
| Cianetos                               | Tratamento por lixiviação do minério de ouro   |
| Metais Pesados                         | Minério; Estéril   |
| Partículas Sólidas                     | Drenagem; Focos de Erosão; Efluentes do Beneficiamento   |
| Óleos e Graxas                         | Vazamentos de combustíveis e lubrificantes; Oficinas mecânicas; Áreas de lavagem de equipamentos                                 |
| Ácidos                                 | Minérios sulfetados  |
| Álcalis                                | Rochas carbonáticas; Reagentes básicos   |
| Reagentes Orgânicos                    | Flotação de minerais   |
| Elementos radioativos (radionuclídeos) | Mineração do urânio e tório, principalmente  |

Fonte: Adaptado de Sánchez (1995)

Em face do exposto, independentemente do motivo pelo qual uma mina é fechada, é necessário recuperar a área degradada, neutralizando completamente os efeitos dos contaminantes químicos, tornando-a apta a novo uso produtivo. De acordo com Sánchez (2001), minas abandonadas oferecem risco às pessoas que transitam na área, seja por contaminação ou risco de acidentes, como no caso de minas subterrâneas, onde é comum o problema da subsidência. Já as minas situadas em áreas com alto índice pluviométrico oferecem maior risco de produção de drenagem ácida e erosão do solo, o que demanda cuidados

## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

---

específicos na recuperação da área minerada (ROBERTS, VEIGA, PEITER, 2000).

A despeito de todas as questões envolvidas, o abandono de um empreendimento, uma vez encerrada a sua vida útil, deixando o meio contaminado e degradado, foi prática comum não somente na mineração, mas na atividade industrial de um modo geral, durante os dois séculos de industrialização. Dessa forma, muitas empresas mineradoras simplesmente abandonaram as suas minas sem se importar com os impactos negativos decorrentes, deixando como legado, em vários países, e também no Brasil, significativos passivos ambientais, como escavações abandonadas e áreas contaminadas, sem nenhum tipo de manutenção, monitoramento e aplicação de técnicas e procedimentos de segurança (ARAÚJO, 2006).

Em Minas Gerais, a existência de uma Área Contaminada Órfã no município de Descoberto, localizado na Zona da Mata Mineira, é um caso emblemático. De acordo com moradores locais e levantamento histórico realizado, na região de Descoberto foram desenvolvidas atividades de garimpo de ouro no período de 1824 até meados do século XX. O mercúrio era utilizado na fase final do garimpo, para a separação e concentração do ouro. Posteriormente, após o término da exploração do ouro, foi constatado o afloramento do mercúrio metálico no solo da zona rural do município, após fortes chuvas ocorridas em dezembro de 2002.

A área em questão é uma encosta drenada pelo Córrego Rico (afluente do Rio da Gramma – Bacia do Rio Paraíba do Sul) e encontra-se dentro dos limites de uma propriedade particular. Tendo em vista que o mercúrio foi detectado no meio ambiente em concentrações que poderiam oferecer risco à saúde pública, a área foi interditada e encontra-se, atualmente, sob a intervenção do Estado (Foto 6.1).

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Foto 6.1:** Vista da área interditada no município de Descoberto - MG

Da mesma forma, a extração e o beneficiamento do urânio tem deixado sérios passivos ambientais e colocado em risco populações e territórios. Na cidade mineira de Caldas, a disposição dos resíduos da atividade mineradora provocou drenagem ácida de mina na cava, nas pilhas de estéril e na bacia de rejeitos, afetando as bacias hidrográficas da região.

A exploração do minério de urânio na mina de Caldas foi executada totalmente a céu aberto. A abertura da cava, quase circular, apresenta cerca de 1,2 km de diâmetro na sua maior extensão e 180 metros de profundidade (Foto 6.2 a 6.6).

Segundo informações da empresa Indústrias Nucleares do Brasil S/A – INB, obtidas em 2004, durante uma perícia do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, na cava da mina local, era feito o bombeamento de água porque as operações exigiam cava seca. Após a paralisação das atividades de lavra, passou-se a praticar um nível d'água mais elevado devido ao aporte de água oriunda de precipitações pluviométricas e de



## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

---

surgências, drenadas abaixo da cota 1.332 m. Essas águas em contato com a rocha mineralizada de baixo teor, remanescente da mina exaurida, são aciduladas pela oxidação dos sulfetos presentes, como a pirita (sulfeto de ferro). Consequentemente, tem-se a formação de drenagem ácida, com a produção de ácido sulfúrico, queda de pH e a solubilização e a lixiviação de metais (alumínio, cálcio, manganês, flúor, zircônio, magnésio, potássio), bem como de elementos radioativos (radionuclídeos da série do urânio).

Todas as águas aciduladas abaixo da cota 1332 m são drenadas para o lago no fundo da cava e, em seguida, bombeadas para a Unidade de Tratamento de Águas Marginais, onde recebem a adição de cal hidratada, para a neutralização da acidez (correção de pH) e precipitação do urânio, ferro e manganês. Após o tratamento, as águas são liberadas para a bacia do Rio das Antas.

Com o encerramento definitivo dos trabalhos da lavra de urânio, a INB vem desenvolvendo estudos, visando o descomissionamento da mina. Ressalta-se que a cava da mina é fonte potencial e efetiva de poluição das águas superficiais e seu impacto na qualidade das águas subterrâneas necessita de estudos mais aprofundados. Embora a Unidade de Tratamento de Águas Marginais atenuar os efeitos da drenagem ácida, por meio da adição de cal, não elimina as causas da sua geração. Portanto, esse procedimento é insuficiente e não deve ser adotado como medida para o descomissionamento do empreendimento. Uma solução definitiva que permita assegurar condições de segurança e salubridade ao meio ambiente, ainda não foi encontrada.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Foto 6.2 a 6.6:** Cava da mina - Em alguns locais pode-se perceber afloramentos de Pirita (sulfeto de ferro)

## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

---

Ressalta-se que, uma vez estabelecido o processo de geração de drenagem ácida, seu estancamento é complexo e oneroso, sobretudo nos casos em que é necessário o tratamento ativo<sup>2</sup>, o que demandará, na fase de fechamento da mina, cuidado permanente ou por um longo período por parte dos responsáveis legais e solidários do empreendimento.

Outros exemplos de passivos ambientais deixados pela atividade mineradora multiplicam-se pelo país. Durante o ciclo do ouro, entre 1700 e 1850, o Brasil foi o maior produtor mundial desse metal, proveniente, principalmente, de aluviões e depósitos superficiais explorados pelos Bandeirantes no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. A lixiviação dessas minas abandonadas de ouro constitui fontes significativas de poluição dos sistemas aquáticos (SANTANA, 2009). Isto ocorre pelo fato de que outros elementos químicos, como o arsênio, presentes no mineral arsenopirita, podem ser liberados no meio ambiente durante os processos das minerações auríferas.

Ressalta-se que a legislação ambiental de Minas Gerais, Deliberação Normativa COPAM 127, de 27 de novembro de 2008, foi a primeira do país, antecipando até mesmo a legislação federal sobre a etapa de desativação de empreendimentos minerários. Entretanto, com base nos trabalhos desenvolvidos pela Central de Apoio Técnico do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, verificou-se que, no Estado de Minas Gerais, grande parte das minerações se preocupa, de forma bastante limitada, com as questões relacionadas à estabilidade química durante a desativação das operações ou término da mina, não apresentando estratégias e técnicas eficazes para eliminar ou reduzir o passivo ambiental gerado ao longo de anos de extração nos meios físicos, solo e águas subterrâneas, principalmente. Dessa forma, a gestão do passivo decorrente da existência de

---

<sup>2</sup> O tratamento ativo consiste na adoção de medidas para gerenciar a drenagem de modo similar a um efluente industrial, que requer controle e tratamento por meio de neutralização de pH e precipitação de lodos contendo metais, por exemplo.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

áreas contaminadas ainda representa um desafio a ser enfrentado pelo setor minerário durante a fase de fechamento de mina.

Portanto, um Plano de Fechamento de Mina deve incluir, entre outros itens, a execução de medidas para a investigação e remediação de áreas contaminadas. Também é imprescindível que as minas com potencial para a geração de drenagem ácida, por exemplo, detalhem em seus planos de operação e fechamento as ações para mantê-la em níveis não prejudiciais ao meio ambiente, a curto e longo prazos.

Nos últimos trinta anos, os países ao redor do mundo têm desenvolvido e implementado diretrizes e normas para a investigação, mitigação e remediação de áreas contaminadas, principalmente nos Estados Unidos e na Europa (USEPA, 2013).

No Brasil, diante da importância de se promover mecanismos de gestão compartilhada do meio ambiente, especificamente relacionados à contaminação do solo, foi publicada a Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, a qual dispõe sobre os critérios e valores orientadores de qualidade do solo e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas, impondo aos estados o cadastramento e divulgação pública de áreas contaminadas.

No âmbito do Estado de Minas Gerais, foi instituído, por meio da Deliberação Normativa COPAM nº 116, de 27 de junho de 2008, o cadastro de áreas suspeitas de contaminação e contaminadas por substâncias químicas, o qual auxilia na elaboração do Inventário Estadual de Áreas Contaminadas e na definição de ações para gerenciamento para cada área identificada, visando à proteção da saúde humana e do meio ambiente. Posteriormente, foi instituído o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, por meio da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010, que estabelece os princípios, instrumentos,

## **6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS**

---

procedimentos e critérios técnicos para o gerenciamento de áreas contaminadas no Estado de Minas Gerais.

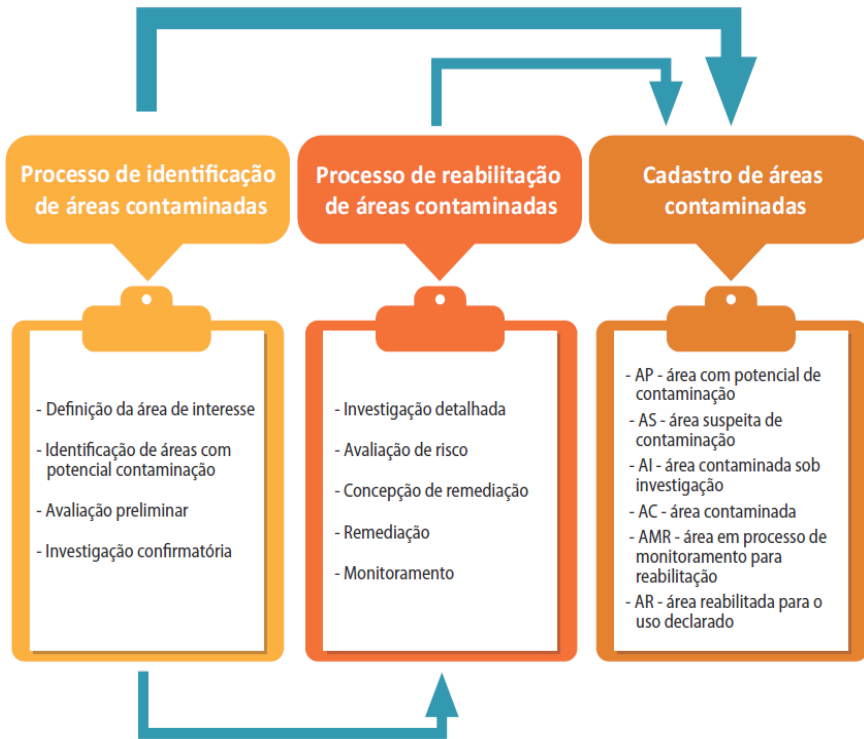
De acordo com este instrumento normativo, uma área contaminada pode ser definida como área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de substâncias químicas, comprovadas por estudos, que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou outro bem a proteger.

Por conseguinte, o gerenciamento de áreas contaminadas é caracterizado por um conjunto de medidas que asseguram o conhecimento das características das áreas contaminadas e a definição de medidas de intervenção mais adequadas a serem exigidas, visando a eliminar ou minimizar os danos e/ou riscos à população, ao meio ambiente e aos bens a proteger, gerados pelos contaminantes nelas contidos.

Dessa forma, o gerenciamento de uma área contaminada deve conter duas grandes fases de entendimento do problema. A primeira fase é a da identificação da contaminação, composta da avaliação preliminar e investigação confirmatória. A segunda fase é a reabilitação da área, que é composta pela investigação detalhada, avaliação de risco, plano de intervenção e monitoramento. Salienta-se que o processo deve ser finalizado com a reabilitação da área para o uso pretendido e declarado ao órgão ambiental, durante o processo de gerenciamento.

A metodologia de gerenciamento de áreas contaminadas estipulada na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010 e na Resolução CONAMA nº 420/2009 é baseada em etapas sequenciais, as quais são apresentadas, resumidamente, na Figura 6.1.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figura 6.1:** Resumo das etapas do gerenciamento de áreas contaminadas

Fonte: Adaptado de CETESB (2007); CONAMA (2009); IPT (2014)

Os detalhes da execução técnica de cada etapa do gerenciamento de áreas contaminadas também podem ser obtidos na Norma ABNT/NBR 15.515 – Passivo ambiental em solo e água subterrânea, Parte 1: “Avaliação Preliminar”, Parte 2: “Investigação Confirmatória” e Parte 3: “Investigação Detalhada”, e ABNT/NBR 16209 – “Avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas”.

Na fase de identificação da contaminação são identificadas as áreas suspeitas de contaminação (AS) por meio de uma avaliação preliminar, que deverá ser seguida da realização do

## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

---

estudo de investigação confirmatória, se observados indícios da presença de contaminação ou condições que possam representar perigo. Salienta-se que a avaliação preliminar consiste na análise visual da área a ser avaliada (Área com Potencial de Contaminação - AP) e da área vizinha, por meio de inspeção de campo, realização de entrevistas, levantamento histórico da utilização do imóvel e análise dos documentos referentes ao imóvel. Caso sejam encontrados sinais de potencial contaminação, a análise deverá prosseguir, de maneira aprofundada, por meio de sondagem dos solos, coleta de amostras de solo e águas subterrâneas e realização de análises químicas, dando início à investigação confirmatória, cujo objetivo principal é confirmar ou não a existência de contaminantes de origem antrópica nas áreas suspeitas, no solo e nas águas subterrâneas, em concentrações acima dos Valores de Investigação.

Conforme a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, os Valores de Investigação (VI) correspondem à concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.

Ao final da investigação confirmatória, caso a contaminação seja constatada, a área é classificada como Área Contaminada sob Investigação (AI), devendo ser iniciado o processo de reabilitação da mesma. A etapa de reabilitação é iniciada pelo estudo de investigação detalhada, no qual dados detalhados sobre o uso da área e adjacências, processo produtivo, meio físico e contaminação são obtidos para estabelecer o entendimento da distribuição e mapeamento espacial da contaminação, bem como sua dinâmica no meio físico.

A investigação detalhada deverá subsidiar o estudo de avaliação de risco à saúde humana que tem como objetivo identificar e quantificar os riscos à saúde de potenciais

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

receptores quando estes estão expostos à contaminação previamente investigada, a partir de cenários de exposição padronizados.

Os riscos associados à ocupação de áreas contaminadas podem ser ainda mais severos quando não são adequadamente avaliados. Nesse contexto, especialistas vêm desenvolvendo e aplicando metodologias para a quantificação do risco à saúde humana em áreas contaminadas, considerando os processos produtivos ali instalados e os impactos ambientais que possam estar associados a eles. Essas metodologias têm como objetivo estabelecer, a partir da quantificação do risco, medidas de gerenciamento que garantam a manutenção do risco em níveis aceitáveis, o impedimento ou eliminação da exposição humana, bem como a orientação de ações de saúde relacionadas às populações potencialmente expostas.

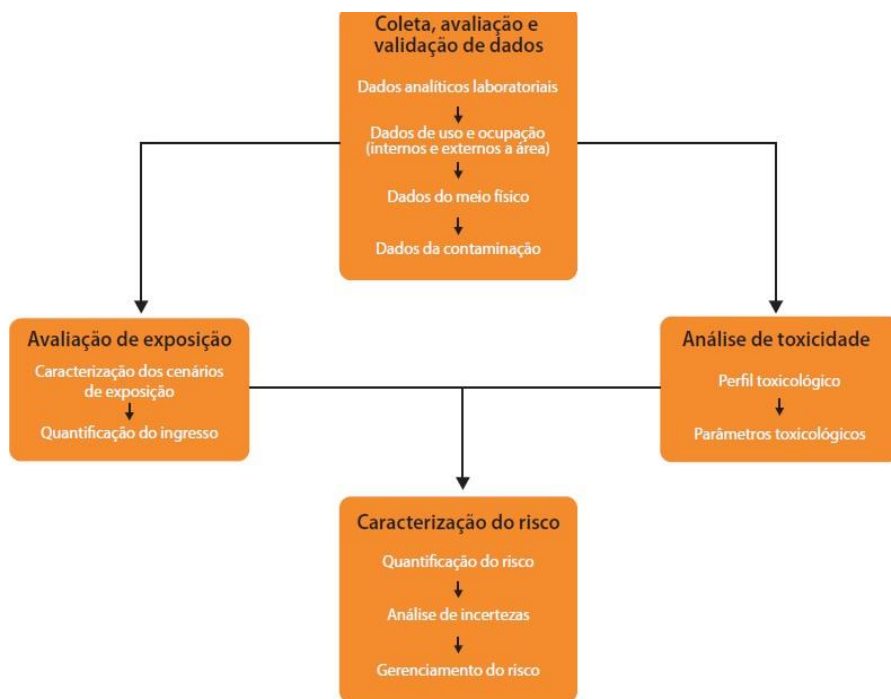
A Avaliação de Risco à Saúde Humana pode ser definida como sendo o processo qualitativo e/ou quantitativo utilizado para determinação das chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde, decorrentes da exposição humana a substâncias perigosas presentes em áreas contaminadas (USEPA, 1989).

O processo de avaliação de risco, em linhas gerais, possui quatro etapas definidas: coleta; avaliação e validação de dados; avaliação da exposição; análise da toxicidade e caracterização do risco.

Na Figura 6.2, estão apresentadas as características de cada etapa.



## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS



**Figura 6.2:** Etapas da avaliação de risco à saúde humana

Fonte: USEPA (1989), IPT (2014)

Cabe salientar que a geração, liberação, transporte e atenuação da drenagem ácida são processos complexos governados pela combinação de fatores biológicos, físicos e químicos (INAP, 2009). Para entendimento destes processos, costuma ser necessária a elaboração de um modelo conceitual baseado na metodologia de análise de risco à saúde humana visando a:

⇒definir a qualidade e quantidade de drenagem potencialmente gerada por diferentes fontes;

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

⇒ identificar fluxos superficiais e subterrâneos da drenagem ácida das fontes aos receptores;

⇒ definir o risco da sua exposição.

O desenvolvimento deste modelo conceitual é fundamental para a elaboração de programas para gerenciamento, mitigação e remediação da drenagem ácida, potencialmente gerada pela atividade de mineração.

Ao término da etapa de avaliação de risco toxicológico, ou seja, uma vez constatada a existência de risco não tolerável à saúde humana ou a bem a proteger, a área é classificada como Área Contaminada sob Intervenção (ACI), devendo ser elaborado o Plano de Reabilitação de Área Contaminada (PRAC). No PRAC serão definidas as medidas de intervenção a serem aplicadas na área de interesse para remediar o solo e o aquífero, de modo a controlar a exposição de um receptor a uma contaminação e/ou minimizar o risco a níveis aceitáveis pelas normas em vigor.

A Resolução CONAMA nº 420/2009 define a remediação como uma das medidas de intervenção para a reabilitação de áreas contaminadas, a qual consiste em aplicação de técnicas, visando a remoção, contenção ou redução das concentrações de contaminantes, em níveis aceitáveis, com o intuito de atingir um risco tolerável para o uso declarado ou futuro da área.

Ressalta-se que, para a proposição de medidas de remediação de uma área contaminada, é essencial o conhecimento das características do solo e dos mecanismos de transporte de poluentes (advecção, dispersão, retardação e adsorção) neste meio físico, por meio das águas subterrâneas. A escolha da técnica adequada também depende de fatores, tais como:

## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

⇒ características físico-químicas do contaminante e seus metabólitos;

⇒ extensão da contaminação;

⇒ objetivos de remediação e critérios de concentração final de poluentes que se deseja atingir;

⇒ tempo estimado para atingir os objetivos da remediação;

⇒ requisitos legais e critérios para aprovação governamental;

⇒ custos totais incluindo o monitoramento.

Em relação às tecnologias de remediação, pode-se distinguir três grupos segundo o local de sua aplicação:

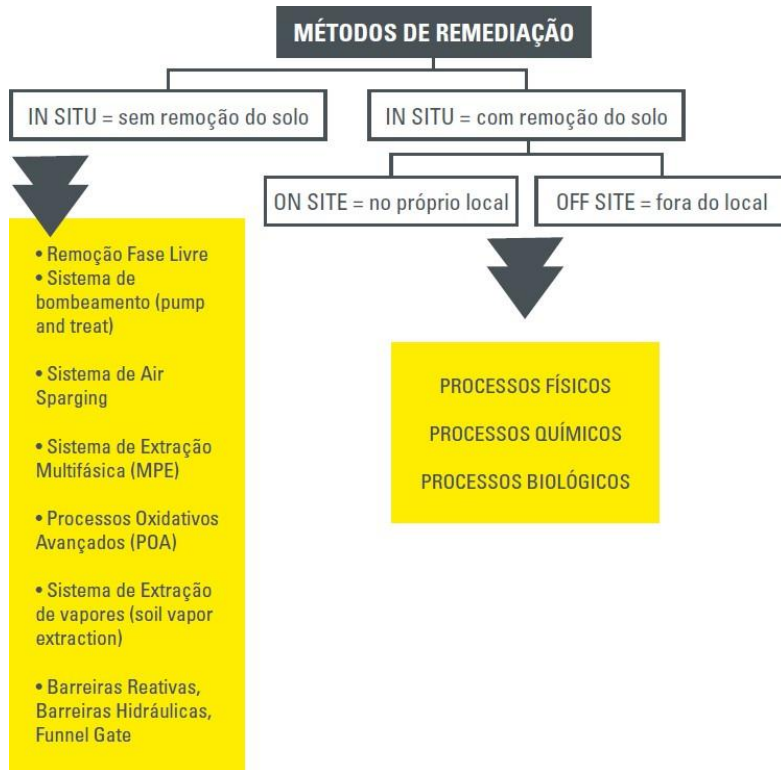
⇒ na área onde ocorre a contaminação (*on site*), sem a remoção física do meio contaminado (*in situ*);

⇒ na área onde ocorre a contaminação (*on site*), com a remoção física do meio contaminado (*ex situ*);

⇒ fora da área onde ocorre a contaminação (*off site*), recolhendo o material contaminado e tratando-o em uma planta de tratamento (*ex situ*).

Na Figura 6. 3 e no Quadro 6.2 é apresentado, de forma resumida, um levantamento dos métodos e tecnologias comumente empregados para a remediação de áreas contaminadas.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figura 6.3 – Métodos de remediação**

Fonte: FIEMG (2010)

## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

**QUADRO 6.2: MÉTODOS E TECNOLOGIAS DE REMEDIAÇÃO**

| PROCESSO                        | TIPO DE CONTAMINAÇÃO                     | PROCEDIMENTO   | LOCAL DO PROCESSO           |
|---------------------------------|--|--|-----------------------------|
| Biológico                       | Orgânica                                 | Degradação biológica aeróbia e anaeróbia   | On site<br>In situ          |
| Térmico                         | Orgânica, Inorgânica                     | Queima, vaporização  | On site<br>Ex situ          |
| Lavagem do Solo                 | Orgânica, Inorgânica                     | Extração, Mobilização  | On site<br>Ex situ          |
| Aspiração do solo               | Compostos orgânicos voláteis             | Processo de Stripping por injeção de ar para a extração de vapores                               | On site<br>In situ          |
| Recuperação de Água Subterrânea | Compostos orgânicos voláteis             | Stripping, ações hidráulicas   | On site                     |
| Fitorremediação                 | Orgânica, Inorgânica (metais e sulfetos) | Utilização da vegetação para isolar, destruir, transportar e remover contaminantes dos solos     | On site<br>In situ          |
| Estabilização                   | Orgânica, Inorgânica                     | Solidificação ou redução da mobilidade dos contaminantes em uma matriz (cimento, betume, argila) | On site/Off site<br>Ex situ |

Continua....

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

**QUADRO 6.2: MÉTODOS E TECNOLOGIAS DE REMEDIAÇÃO**

| PROCESSO                            | TIPO DE CONTAMINAÇÃO               | PROCEDIMENTO   | LOCAL DO PROCESSO                   |
|-------------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Químico                             | Inorgânica                         | Precipitação, Redução ou Oxidação Química  | On Site/Off site<br>In situ/Ex situ |
| Barreiras Reativas Permeáveis (BRP) | Inorgânica (principalmente metais) | Escavação de trincheiras no solo, a jusante da área contaminada, preenchidas com material que reaja com os poluentes | On site<br>In situ                  |
| Atenuação natural                   | Orgânica, Inorgânica               | Decaimento das concentrações por meio de processos naturais: diluição, adsorção, volatilização, dispersão, etc       | On site<br>In situ                  |

Fonte: Adaptado de FIEMG (2010), IPT (2014)

É importante destacar que deve ser estabelecido um plano de monitoramento para que seja avaliado o desempenho das medidas de intervenção, considerando o uso atual e futuro da área. Dessa forma, os trabalhos de remediação de áreas contaminadas devem ser continuamente monitorados de modo a verificar a eficiência das medidas implementadas e subsidiar as tomadas de decisões, tanto em relação à seleção e avaliação do desempenho das ações de intervenção, como para as etapas de encerramento e pós-intervenção.

O monitoramento periódico deverá incluir tanto os meios afetados quanto a manutenção das condições de restrição estabelecidas e a integridade das obras realizadas. Estes dados

## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

devem ser consolidados na forma de relatórios técnicos, com periodicidade a ser estabelecida conjuntamente com o órgão ambiental, identificando se os controles e restrições permanecem inalterados e se continuam efetivos para a proteção da saúde pública e para o meio ambiente.

Um plano básico de monitoramento de ações de remediação deve conter, pelo menos, os itens a seguir (IPT, 2014):

⇒ **monitoramento dos parâmetros de funcionamento e operação do sistema de remediação:** onde serão definidos os parâmetros alvo, baseados em ensaios piloto e ensaios de bancada; a configuração do sistema; o consumo dos recursos (água e energia); o monitoramento do volume e qualidade dos gases, efluentes e resíduos gerados; a frequência de manutenção do sistema;

⇒ **monitoramento do meio físico e dos bens a proteger durante a remediação:** consiste no monitoramento das alterações causadas pela remediação (potenciometria e fluxos subterrâneos do local, alterações geoquímicas e geotécnicas na estrutura dos solos e aquíferos, dentre outros) e monitoramento do estado dos bens que devem ser protegidos (fauna, flora, corpos d'água superficiais);

⇒ **monitoramento dos meios afetados durante e após a remediação:** consiste na avaliação da eficiência das ações por meio de amostragem, por ciclos sazonais, durante e após a intervenção. Os contaminantes de interesse ao monitoramento devem ser aqueles que oferecem risco à saúde humana ou seus subprodutos, ou que se apresentam próximos às concentrações máximas aceitáveis estabelecidas na etapa de avaliação de risco, ou ainda que tenham correlação direta com os processos e fontes, ativas ou não, responsáveis pela contaminação;

⇒ **cálculo da eficiência da remoção:** corresponde à avaliação de massa e transporte dos contaminantes;

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

monitoramento da massa de contaminante removida; monitoramento do comportamento das plumas de contaminantes, o que requer uma rede de poços de monitoramento abrangente o suficiente para monitorar os resultados dos modelos de fluxo e transporte das plumas, bem como prever impactos a receptores sensíveis.

A intervenção é finalizada quando as metas de remediação são atingidas, em decorrência da redução do risco aos níveis toleráveis e da descaracterização da situação de perigo à vida humana, ao meio ambiente e ao patrimônio (público e privado). Dessa forma, o sistema de remediação poderá ser finalizado e a área é classificada como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação (AMR).

De acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, deverá ser elaborado um novo plano de monitoramento, Plano de Monitoramento para Reabilitação, que deverá ser realizado por no mínimo dois anos, com periodicidade mínima semestral, como o objetivo de avaliar a manutenção das concentrações de contaminantes abaixo das metas de intervenção e de remediação definidas para a área. Considerando o contexto do fechamento de uma mina, nesta etapa é implementado o monitoramento para a verificação da manutenção da estabilidade química, de forma a averiguar se a área não está sujeita a reações químicas que possam gerar compostos nocivos à saúde humana ou aos ecossistemas, bem como comprovar que os níveis de contaminantes nas drenagens provenientes dos locais não excedam às condições esperadas para o uso futuro da área.

Em muitos sítios, o monitoramento para a estabilidade química consistirá na coleta de amostras periódicas para a análise das águas superficiais e subterrâneas, de modo a avaliar a geração e migração de material lixiviado (ex: soluções ácidas provenientes de pilhas de estéril contendo sulfetos, metais e cianetos).



## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

O Quadro 6.3 apresenta a relação dos pontos e métodos de monitoramento, que podem ser utilizados para a avaliação da estabilidade química após o fechamento da mina.

**QUADRO 6.3: MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE QUÍMICA APÓS O FECHAMENTO DA MINA**

| <b>COMPONENTE DA MINA</b>                                | <b>LOCAIS MONITORADOS</b>                              | <b>MÉTODOS DE MONITORAMENTO POTENCIAL</b>   |
|--|--|---|
| Subterrânea e Céu Aberto                                 | Geração de ácido e/ou lixiviação ou migração de metais | Amostragem e análises a jusante de solo, água, drenagem de água subterrânea e água de mina  |
| Pilhas de minério marginal, lixiviado e estéril          | Geração de ácido e/ou lixiviação ou migração de metais | Amostragem e análises a jusante de drenagem da pilha, percolação, água de superfície e subterrânea; Cálculo de ácido/base para determinar o potencial de geração de ácido |
| Bacias ou Barragens de rejeitos                          | Geração de ácido e/ou lixiviação ou migração de metais | Amostragem e análises do escoamento superficial e da percolação de efluentes dos rejeitos   |
| Sistema de Gerenciamento de água                         | Mudança da qualidade de água                           | Amostragem e análises de parâmetros de avaliação da qualidade da água (metais, pH, etc)   |
| Estocagem de material (combustíveis e produtos químicos) | Vazamentos ou alteração do material estocado           | Amostragem e análises   |

Fonte: Adaptado de Oliveira Jr (2001)

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

Ao término do período de monitoramento para reabilitação e desde que confirmada a eliminação do perigo ou a redução dos riscos a níveis toleráveis, a área deverá ser classificada como Área Reabilitada para Uso Declarado (AR). Salienta-se que saúde pública e segurança devem ser consideradas, primariamente, na determinação dos requisitos de reabilitação para permitir o uso futuro do solo.

Em face do exposto neste capítulo, é possível perceber que a existência de contaminação do solo oriunda de atividades potencialmente contaminantes, muitas delas desativadas, constitui fonte de risco ambiental e risco para a saúde da população que reside no entorno das mesmas, uma vez que, dependendo da sua natureza, o contaminante poderá percolar para o aquífero subterrâneo, contaminando, inclusive, fontes de abastecimento de água. Além disso, poderá ocorrer a geração de gases tóxicos, com risco de incêndio e/ou explosão, conforme as propriedades físico-químicas do poluente.

Obviamente, o objetivo não foi exaurir o assunto, mas sim, trazer à realidade o que de melhor está sendo feito e deve ser feito, segundo diversos entendimentos já consolidados por diversos autores, grupos de trabalho e a legislação em vigor.

Nesse sentido, a gestão de áreas contaminadas, cujas diretrizes estão estabelecidas em nível federal, na Resolução CONAMA nº 420/2009, e no Estado de Minas Gerais, por meio da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, constitui em ações ou estratégias sequenciais necessárias à identificação e caracterização dos impactos associados à contaminação, incluída a estimativa dos riscos; à tomada de decisões quanto às formas de intervenção mais adequadas, quando aplicável; à definição do tipo de intervenção que assegure a minimização de riscos e eventuais danos a pessoas, ao meio ambiente ou outros bens a proteger; e à elaboração do plano de monitoramento. A sequência das ações permite que as informações obtidas em cada etapa sejam a base

## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

---

para a execução da etapa posterior, representando, portanto, uma importante ferramenta para garantir a estabilidade química no processo de fechamento de mina.

### **ESTUDO DE CASO: REMEDIAÇÃO DE DEPÓSITOS DE REJEITOS DA MINA DE MORRO VELHO**

Na mina de ouro de Morro Velho, aberta em 1834, foram empregadas diferentes técnicas de extração e de tratamento de mineral. A partir dos anos de 1930, rejeitos, contendo o elemento químico arsênio, foram depositados nas partes baixas da cidade de Nova Lima, ao longo do Ribeirão Cardoso. Essas áreas, conhecidas como depósitos do Galo, Areião do Matadouro, Resende, Fábrica de Balas, Madeiras e Isolamento (Imagem 6.1), ocupando cerca de 25 ha, receberam cerca de 1 m<sup>3</sup> de rejeitos de mineração e foram objeto de ações de reabilitação e remediação a partir 2003, após o encerramento da produção da mina. Com o crescimento da cidade, as vizinhanças dos depósitos foram sendo ocupadas e o plano de remediação teve que considerar os riscos à saúde humana. As medidas implementadas, sob a responsabilidade da empresa Anglogold Ashanti Mineração, tiveram por objetivo o confinamento dos rejeitos. Um dos depósitos, por exemplo, recebeu cobertura com membrana de PVC, camada de areia, manta de polietileno de alta densidade e aterro compactado de 1 m de espessura, possibilitando a urbanização do topo da pilha (Fotos 6.3 e 6.4). Os taludes foram abatidos e recobertos com camadas de areia e argila. Revestimento com asfalto foi utilizado em outros setores urbanizados. Já nas áreas residenciais, uma avaliação de risco indicou que as ações de reabilitação deveriam incluir a impermeabilização com piso de concreto (Foto 6.5). Alguns moradores, que precisaram ter os quintais de suas casas refeitos com áreas cimentadas, substituindo pomares; jardineiras suspensas foram construídas para possibilitar o plantio de hortas e jardins (Foto 6.6). Para minimizar os inconvenientes aos moradores (cerca de 40 famílias), a empresa

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

os envolveu em todo o processo, mediante comunicação estreita e relacionamento intenso, negociando cada etapa e oferecendo contrapartidas coletivas que mitigaram os efeitos indesejáveis das ações de reabilitação, o que culminou na obtenção da certificação de “Área Reabilitada para Uso Declarado”, concedida pela FEAM (Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais), em concordância com a legislação estadual sobre áreas contaminadas.



**Imagem 6.1** – Vista dos depósitos de Rejeito

## 6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS



**Foto 6.3** – Reabilitação do Depósito do Galo

### REABILITAÇÃO DEPÓSITO GALO



**Foto 6.4** – Depósito do Galo após a reabilitação  
Fonte: ALVES, 2014

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

### Área Residencial



**Foto 6.5** – Intervenção nas áreas residenciais (ALVES, 2014)

### Hortas Suspensas / Campo de Futebol



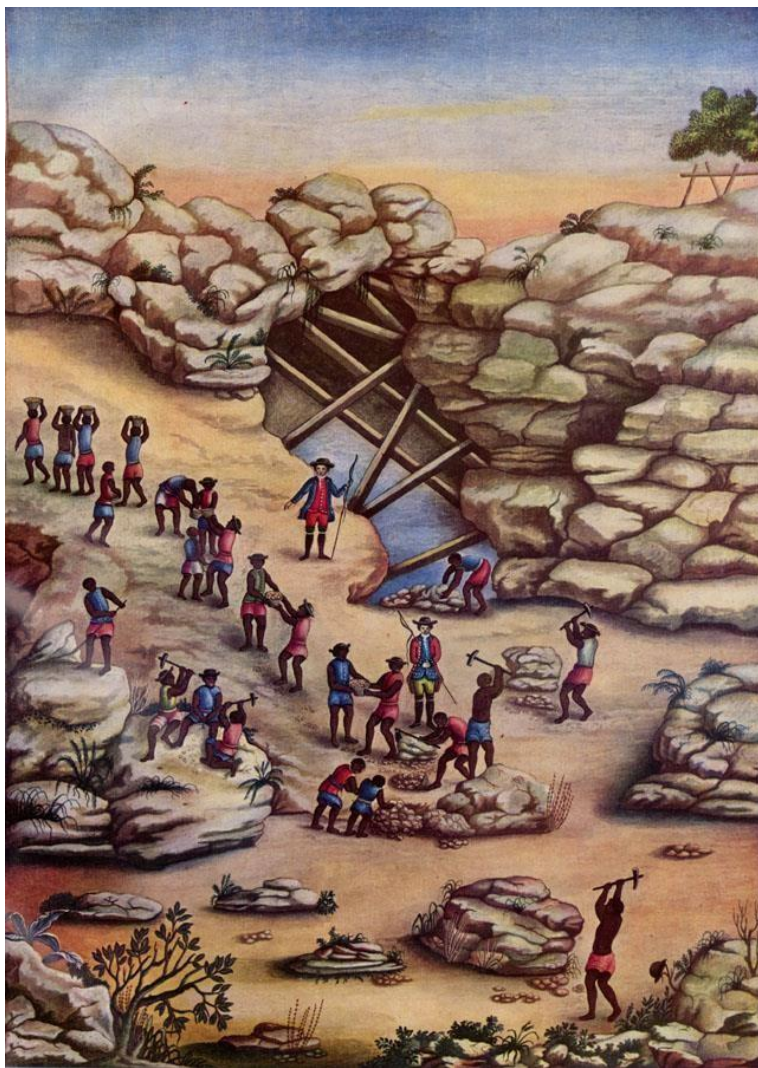
**Foto 6.6** – Construção de hortas suspensas e recuperação do campo de futebol da região do Galo (ALVES, 2014)

## **6. GESTÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS**

---



## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



ESCRAVOS NA ATIVIDADE EXPLORAÇÃO DE OURO

Fonte: Imagem de J. M. Rugendas



## 7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

---

### 7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Sempre que uma grande corporação, com forte presença física está por encerrar suas atividades, crescem as expectativas da comunidade circundante, quanto aos impactos socioeconômicos. No caso de mineração, ao longo de suas diferentes fases, geralmente, as empresas trazem consideráveis benefícios socioeconômicos para a comunidade local.

Inevitavelmente, as empresas de mineração ocorrem no âmbito da oferta de uma determinada substância mineral. Neste sentido, tanto a empresa como a comunidade dependem da oferta de recursos naturais disponíveis no local. Mas, há uma distinção significativa entre as duas: a empresa de mineração posteriormente fechará as operações e irá para outro lugar, enquanto a comunidade permanecerá ali. Assim, quando a empresa de mineração termina suas atividades, a comunidade tem que encontrar uma outra vocação sustentável no local. Encontrar essa vocação é tão mais difícil, quanto mais dependente a comunidade for da mineradora. A situação é agravada nas regiões em que os residentes dispõem de pouco ou nenhum meio de segurança econômica além das atividades da empresa.

Existem, inclusive, núcleos urbanos que só se formaram ou se desenvolveram em decorrência de uma longa existência de atividade minerária no local.

Cidades desse tipo, que orbitam em torno de empresas de mineração apresentam características comuns como:

- a) Crescimento populacional acelerado a partir da implantação do empreendimento, que resulta em problemas decorrentes da falta de planejamento urbano (ocupações irregulares, falta de infraestrutura, malha viária desordenada, crescimento sem limites, entre outros problemas).

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

- b) Existência de uma população flutuante, com alta rotatividade na cidade. As pessoas, vivendo provisoriamente na cidade, não criam vínculos com o local. Dessa maneira grande parte do capital adquirido durante certo período de trabalho é transferido para outras cidades.
- c) Ausência de um plano global, que dificulta a previsão dos problemas que irão ocorrer e incentiva aplicação do orçamento público desordenadamente.

Um bom exemplo para ilustrar este problema é o Município de Serra do Navio - Amapá, que hoje está abandonado.



**Figura 7.1:** Serra do Navio – AM

Serra do Navio fazia parte do Município de Santana, tendo se emancipado em 1992. Entre 1944 e 1997, toda a atividade econômica e social orbitava em torno da mineração. O local viveu décadas de pujança econômica advinda da exploração de

## 7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

---

manganês pela Sociedade Brasileira de Indústria e Comércio de Minérios de Ferro e Manganês (ICOMI). Na época, não havia qualquer tipo de preocupação com os aspectos socioeconômicos, com a saúde coletiva ou o meio ambiente. Com o fim das atividades da empresa, o que restou para o município e sua população foram os passivos ambientais.

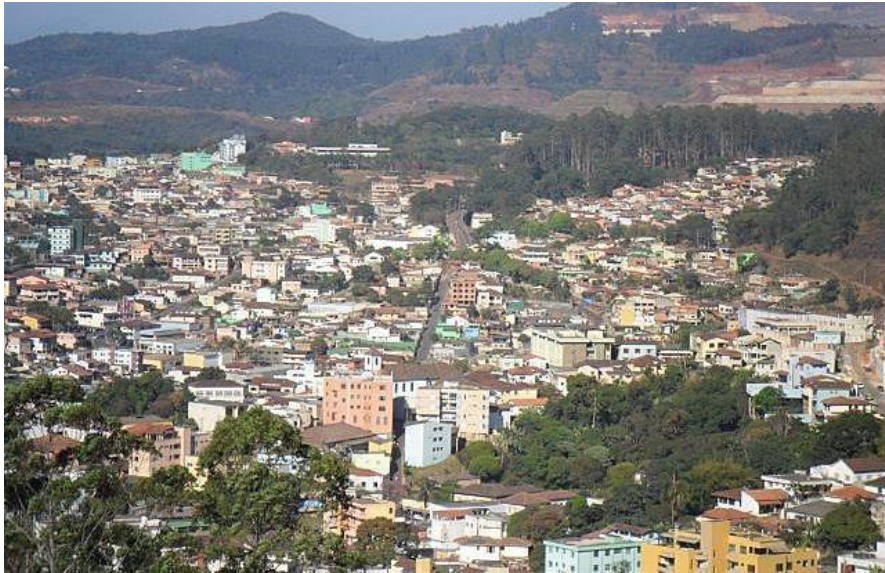
Além da decadência econômica da cidade com o fechamento da mina, a disposição inadequada dos resíduos produzidos pelas atividades de mineração e siderurgia é acusada de ter contaminado o lençol freático e o ar da região com metais pesados e arsênio.

Entre 1998 e 2002, diversos estudos independentes constataram não apenas a contaminação ambiental local, como a contaminação das comunidades situadas no entorno do complexo mineiro-siderúrgico da empresa.

Em Minas Gerais, também há sérias preocupações com o declínio de cidades após o encerramento de atividade minerária no local. A presença da mineração é ostensiva não só na paisagem do Quadrilátero Ferrífero (e outras regiões de Minas), como no nome, na história e na economia do Minas Gerais. A atividade de mineração responde por 7,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado, segundo dado divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente a 2013.

Itabira é um exemplo. Desde o início da década de noventa, criou-se uma grande expectativa em torno do impacto socioeconômico que seria provocado com o fechamento das minas de ferro da VALE nesse município.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



**Figura 7.2:** Itabira – região central de Minas Gerais

A evolução histórica e o desenvolvimento econômico do Município de Itabira estão intrinsecamente ligados à atuação da VALE no local. Cerca de 80% do mercado de trabalho local giram direta ou indiretamente em torno da mineração. É o município mineiro com maior arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) devido às atividades da VALE. A saída da empresa, além de causar perda de arrecadação municipal, irá resultar na redução da oferta de trabalho local, das atividades e da qualidade de vida. As lideranças políticas de Itabira continuam mobilizadas, sensibilizando a empresa a auxiliá-los na busca de uma alternativa econômica independente da extração mineral, mas tal solução não foi encontrada ainda.

Outro município que está vivendo essa angústia em Minas Gerais é Mariana. A tragédia decorrente do rompimento da Barragem de Fundão causou a paralização abrupta e prolongada das atividades da SAMARCO

## 7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS



**Figura 7.3:** Vista de um casarão da cidade histórica

Mariana – MG

Mariana é altamente dependente da mineração: 80% da arrecadação do município vêm da atividade mineradora. De acordo com o Prefeito, os recursos do CFEM provenientes das atividades da SAMARCO era a maior fonte de renda do município.

Entende-se que a aplicação da receita proveniente da CFEM deve ser em projetos e atividades que revertam em prol da comunidade local na diversificação da economia, melhoria de infraestrutura, qualidade ambiental, saúde e educação, de forma a atingir o desenvolvimento sustentável regional.



## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

---

Entretanto, não só nos casos de Itabira e Mariana, os recursos provenientes do CFEM não têm sido revertidos corretamente.

O município de Parauapebas, localizado no sudoeste do Estado do Pará, que abriga um dos maiores empreendimentos minerais do mundo, o Projeto Carajás desenvolvido pela VALE, é outra cidade que orbita em volta da mineração. A cidade é composta por pessoas que migraram em busca de trabalho relacionado à mineração, vindas de diferentes partes do Brasil (nordeste, central e sudeste).

Mesmo apresentando um dos três maiores orçamentos do estado devido aos royalties e impostos gerados pela mineração, Parauapebas tem um elevado índice de pobreza. Como o fechamento das minas de Parauapebas está distante, é possível que um esforço seja direcionado para encontrar uma solução menos amarga, quando chegar a época da saída das mineradoras do local.

Mesmo diante de tantos exemplos negativos, se a atividade de mineração for bem planejada e o seu fechamento for pensado desde o início, os malefícios advindos da saída das mineradoras do local podem ser contornados. A mineração pode contribuir para a promoção do desenvolvimento sadio do local e do país.

Estratégias para assegurar que as comunidades dependentes da mineração mantenham a estabilidade social e continuem a prosperar economicamente, após o fechamento da mina, podem ser desenvolvidas em consulta com autoridades e partes interessadas. As soluções devem ser buscadas pela união da comunidade e da empresa mineradora.

O primeiro passo, então, é identificar essa comunidade e em seguida inserir-la no planejamento e na implementação do fechamento de cada mina. Para isso, a inserção da comunidade deve ser planejada para ocorrer progressivamente ao longo da vida útil da mina.

## 7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

### 7.1 IDENTIFICAÇÃO DA COMUNIDADE

Em virtude de existirem diferentes definições do termo "**comunidade**", a dificuldade inicial é delimitar o próprio conceito do termo.

Nas ciências Sociais uma "**comunidade**" é um subgrupo tendo muito das características de sociedade, mas numa menor escala e com interesses comuns coordenados. Assim, as formas de comunidade têm implícitos vínculos específicos ligando seus membros. Esses vínculos podem ser naturais (parentescos, por exemplo) ou de outra natureza. Geralmente, têm um elevado grau de interesse, de conhecimento e de contato interpessoal.

A tendência de comportamento das novas comunidades ligadas por interesses comuns de consciência ambiental tem como características um desenvolvido senso de democracia, com cidadãos participativos e aptos a buscar soluções melhores para a região.

É importante, no processo de envolvimento da comunidade, quando se planeja o fechamento de uma mina, a identificação daqueles segmentos que representam o bem comum e não interesses pessoais como, por exemplo, o enriquecimento próprio ou o intuito eleitoreiro de quem tem pretensão política.

Entende-se que devam participar como representantes da comunidade os poderes constituídos do município, representantes de órgãos reguladores do setor minerário, vizinhos, trabalhadores da mineradora, entidades representativas das áreas de saúde, educação, cultura e meio ambiente, representações eclesásticas e outras entidades.

Em contrapartida, não devem participar pessoas ou entidades com vinculação político-partidária, candidatos (no período pré-eleitoral) e associações de moradores com potencial vocação para "currais" eleitoreiros.



## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

Além de todos os segmentos citados, cada mina terá ainda outros participantes que têm afinidades específicas com a atividade ou com o local no qual a empresa está inserida. Para reconhecer esses outros participantes legítimos a empresa necessitará dedicar atenção à identidade e à vocação da área de influência.

A própria evolução do relacionamento da empresa com as pessoas que vivem em torno do empreendimento vai aprimorando a escolha das lideranças e dos representantes que somam nas negociações dos problemas. Portanto, quanto mais cedo a empresa trazer para dentro dela a comunidade, mais fidedignos serão os escolhidos para representar essa comunidade no momento das decisões de fechamento da mina.

### **7.2 ENVOLVIMENTO DA COMUNIDADE**

A busca da participação da comunidade em todas as etapas de planejamento do fechamento de mina proporciona uma experiência muito rica, pois se de um lado os membros da comunidade têm uma perspectiva ética, tradicional e orgânica, por outro lado a companhia mineradora tem uma visão de economia e eficiência, culminando em projetos com avançadas tecnologias que atendem a objetivos bem definidos.

Apesar de todos terem a consciência de que o plano de fechamento de uma mina deve passar pela aprovação da comunidade local, ainda não se sabe como efetivamente envolver a comunidade no processo de aprovação do plano.

No Brasil algumas iniciativas neste sentido estão começando a acontecer.

A prática tem demonstrado que a forma mais frequente de introduzir a participação da comunidade em assuntos da empresa é a realização de encontros motivados por temas de

## 7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

interesse dessa comunidade. Os temas podem estar ligados diretamente à mineração, ou não. Projetos de educação ambiental ou de aperfeiçoamento em alguma área de interesse social costumam ser o ponto de partida.

Se a comunidade sentir confiança e transparência no trato com a mineradora, o ambiente fica propício para o estabelecimento de parcerias.

Com a convivência se estreitando, o diálogo e a confiança desenvolvem mais facilmente entre os dois segmentos.

Um exemplo de ação que fortaleceu a relação comunidade e empresa de mineração (SAMA) foi o projeto social de tênis de Minaçu (GO). O projeto denominado Quadra de Talentos é bastante conhecido no cenário do tênis brasileiro, por ser responsável por um feito incrível: uma cidade de 35.000 habitantes localizada no interior de Goiás, afastada mais de 500 km do aeroporto mais próximo é a sede de um dos melhores centros de formação de tenista juvenil do Brasil. Inúmeros títulos nacionais e internacionais já foram obtidos pela equipe.



**Figura 7.4:** Projeto Quadra de Talentos – SAMA, Minaçu – GO

Fonte: [www.sama.com.br/pt/sustentabilidade/quadra\\_de\\_talentos/](http://www.sama.com.br/pt/sustentabilidade/quadra_de_talentos/)

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

Experiências deste tipo, durante a vida útil da mina, exercitam os debates, facilitando o trabalho participativo que é tão necessário durante o planejamento e a implementação do fechamento da mina.

O amadurecimento do processo ocorre quando nas parcerias entre a empresa mineradora e a comunidade, esta última assume o papel relevante nas decisões dos projetos assistenciais da empresa.

Com isso, a política do paternalismo e do assistencialismo tradicionalmente exercida pelas grandes mineradoras vai cedendo lugar para verdadeiras e bem-sucedidas parcerias entre a empresa e as instituições beneficiadas.

### **7.3 PROGRAMAS SOCIOECONOMICOS**

Durante as atividades de operação de minas, muitas companhias patrocinam diretamente serviços essenciais às comunidades locais, tais como assistência médica, escolas, etc. A saída da mineradora do local muitas vezes leva ao declínio desses projetos. Pensando no fechamento, essas companhias devem ir se antecipando e, junto com a comunidade, definir como esses serviços podem ter continuidade após o fechamento.

A experiência de fechamentos de mina tem demonstrado que o envolvimento comprometido dos “*stakeholders*” no processo de fechamento torna possível descobrir uma nova vocação autossustentável em longo prazo, para as comunidades adjacentes.

A criação de centros de treinamento regionais tem possibilitado bons resultados, auxiliando no preparo de funcionários da mineração e outros populares para se engajarem em novos tipos de atividades econômicas, quando a mina fechar.

## 7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A seguir são apresentados alguns exemplos de programas e ações voltadas para o desenvolvimento socioeconômico, praticados por mineradoras.

### RIDGEWAY MINE - EUA

Na Califórnia, a experiência de gestão e planejamento do Ridgeway Mine contou com a formação de um grupo de negociação da comunidade.

Esse grupo tinha representantes de seis segmentos diferentes: representantes da empresa, os vizinhos da empresa, o governo local, as agências estatais, as ONGs e representantes das indústrias minerais.

O grupo de negociação acompanhou desde a operação até a implantação do fechamento da mina. Os focos dos programas de desenvolvimento foram:

- a) **Os operários da mineradora:** proporcionando o desenvolvimento deles, buscando recolocações no mercado de trabalho, pagando indenizações/bonificações e mantendo planos de saúde por tempo determinado. Um programa de comunicações e esclarecimento do futuro de cada empregado foi estabelecido e divulgado a todos.
- b) **A comunidade:** estimulando a economia e promovendo melhorias, principalmente nas áreas de saúde e educação.

### ISLAND COPPER MINE - CANADÁ

Island Copper Mine era a terceira maior mina de cobre do Canadá e empregava mais de 900 pessoas. Na época de

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

operação da mina, a metade da população local dependia da mineradora.

O Plano de Fechamento da Island Copper Mine, em British Columbia, começou a ser desenvolvido em 1969, antes dela entrar em operação (1970). O plano de Fechamento definitivo foi desenvolvido e apresentado às autoridades reguladoras provinciais em 1994, um ano antes do encerramento de suas atividades.

No aspecto econômico, o fechamento focou no aprimoramento da pesca na região, com criação de cooperativas, estudo de mercado e apoio logístico.

As áreas de propriedade da empresa foram utilizadas para a criação e o desenvolvimento de outras empresas, definidas após um estudo de mercado e de treinamento de mãos de obra que permitissem o desenvolvimento regional.

### **MINA INTI RAYMI - BOLÍVIA**

A Mina Inti Raymi, de extração de ouro, localiza-se na Bolívia.

Antecipando o fechamento, a direção da mineradora criou a Fundación Inti Raymi, em 1991, para promover o desenvolvimento sustentável, envolvendo os setores público, privado e social (civil).

Aos poucos, a Fundação vem fomentando outras atividades na área da própria mineração. Ela tem buscado conseguir a continuidade na formulação, financiamento e implementação de programas sociais, de forma que, mesmo depois do fechamento da mina, a fundação continue suas atividades.

## 7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A organização trabalha com as comunidades nas adjacências da mina em duas áreas temáticas principais.

- a) A primeira chamada **investimento produtivo**, centraliza-se em pequenas empresas e oportunidades de geração de renda e inclui projetos tais como incubador de microempresas e um programa de microcrédito.
- b) A segunda chamada **investimento social ou qualidade de vida**, focaliza a atribuição de poder à comunidade por meio de projetos que fortaleçam a capacidade de liderança e atendam às prioridades de infraestrutura identificadas pela população local.

### VOTORANTIM METAIS - MG

No Brasil, a Votorantim Metais lidera um programa que tem como objetivo fomentar o Desenvolvimento Regional Sustentável em nove municípios da Zona da Mata mineira, diminuindo o grau de dependência desses municípios em relação a empresa mineradora, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população, com a participação de diversos segmentos da sociedade civil na região.

Batizado de **Ecos da Mata**, o programa reúne Poder Público, iniciativa privada, ONG's e representantes das comunidades na construção coletiva de um plano de dinamização econômica, social e ambiental.

O Programa é o resultado de um diagnóstico socioeconômico e ambiental promovido em 2010 nas cidades da zona da mata que estão no entorno das unidades de operação da companhia mineradora, quando foram detectadas potencialidades como o turismo e gargalos, como a necessidade de engajamento e participação da população frente às questões de interesse público.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

O programa também inclui outros três projetos: incentivo à cultura da cooperação entre caminhoneiros; aperfeiçoamento da atividade turística rural e ecológica e apoio à gestão pública local.

Os municípios beneficiados são aqueles onde a empresa tem influência direta: Itamarati de Minas, Descoberto, Cataguases, Miraf, Muriaé, São Sebastião da Vargem Alegre, Rosário da Limeira, Miradouro e Fervedouro.

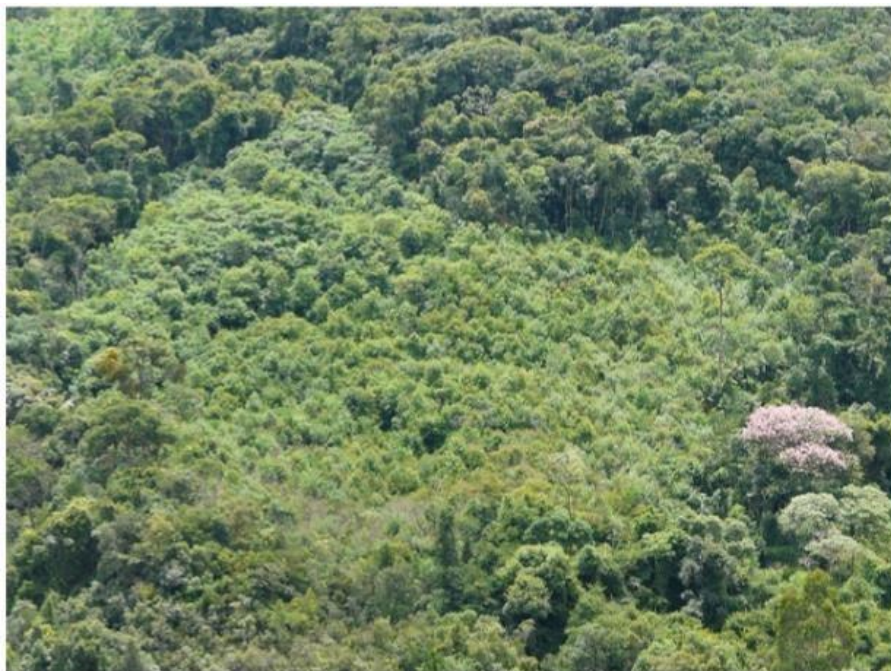


## **7. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS**

---

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---



**ANTIGA ÁREA DE EXTRAÇÃO DE BAUXITA EM  
RECUPERAÇÃO (FLORESTA NATIVA)**

Fonte: Guimarães (2008)

## 8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO

---

### 8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO

O monitoramento e a manutenção da área até a finalização do fechamento constituem uma fase importante, pois devem demonstrar, por meio de análises de parâmetros socioambientais, a eficiência das medidas adotadas e o grau de sucesso do fechamento obtidos com os programas socioambientais, de remediação e de restauração da área.

O primeiro programa de monitoramento deve ser elaborado tomando como referência os impactos ambientais previstos no EIA. Porém, a cada atualização do Plano de Fechamento, ao longo da vida útil da mina, podem emergir outros aspectos a serem monitorados.

É importante, desde o início, que além dos aspectos ambientais, os aspectos socioeconômicos sejam também inseridos no programa de monitoramento.

Ambos, impactos socioambientais ocasionados pela mineração e objetivos do plano de fechamento, permitem estabelecer critérios e indicadores que servirão, ao final, para averiguar o grau de sucesso atingido com a implantação do Plano de Fechamento em uma determinada mina.

Para isso, deve-se escolher, em cada caso, quais dados devem ser coletados, onde devem estar os pontos de amostragem, quais análises devem ser efetuadas, etc. À medida que se obtém os dados, deve-se armazená-los no banco de dados da mina. A comparação sistemática dos dados de monitoramento propicia uma avaliação da evolução dos parâmetros ao longo do tempo.

É recomendável, que os resultados levantados durante o monitoramento sejam passados periodicamente aos órgãos reguladores e a outros *stakeholders*.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

### 8.1 TEMPO DE MONITORAMENTO DO FECHAMENTO

O tempo de monitoramento de uma área recuperada/reabilitada é outro ponto polêmico, pois deve durar o necessário para avaliar o sucesso do fechamento, variando de acordo com cada situação.

O “tempo necessário”, na verdade, é aquele que é suficiente para a obtenção de resultados satisfatórios acordados entre a empresa de mineração, as agências reguladoras e a comunidade. Esse tempo pode variar de poucos anos até muitas dezenas de anos. Em caso de contaminação química da área, o “tempo necessário” para o monitoramento pode prolongar-se indefinidamente.

A comprovação do sucesso do fechamento, atingindo as expectativas acordadas entre os diversos atores do processo é o instrumento ideal para definir até quando monitorar a área. O momento da comprovação do sucesso do fechamento é o momento oportuno para o empreendedor finalizar o seu compromisso com o local.

Sendo assim, a legislação mais adequada é aquela que **não define um intervalo de tempo padrão para o monitoramento** após a implantação das medidas de recuperação da área. Mas, sim aquela que **estipula as condições que devem ser atingidas**, indicando que o monitoramento pode ser encerrado e o minerador dispensado da custódia da área.

Sendo assim, o que mais importa é demonstrar o sucesso do fechamento. Os instrumentos que servem para esta demonstração são os **Indicadores de Sucesso do Fechamento**.

O próximo item discute mais detalhadamente quais instrumentos podem servir de indicadores desse sucesso.

## 8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO

### 8.2 INDICADORES DE SUCESSO DO FECHAMENTO

A expectativa em torno das condições almejadas para a área após o fechamento constitui um ponto melindroso e deve ser definida (pelo menos em parte) desde o início do empreendimento.

O ideal é que haja um diálogo franco entre mineradora, comunidade e agências reguladoras. Deve ser do interesse da mineradora que essas condições sejam definidas o mais cedo possível para que o programa de monitoramento da mina contemple parâmetros específicos que retratem os aspectos mais importantes dessas condições.

Essas condições são estabelecidas, inicialmente, levando em consideração os aspectos regionais, as características da área diretamente afetada, os impactos previstos no EIA e o uso futuro proposto.

Definidas as condições almejadas após o fechamento, devem ser estabelecidos os **indicadores** que, em conjunto, representarão as condições almejadas, ou seja, indicadores que permitirão no futuro demonstrar o sucesso do fechamento.

#### **Indicadores de Sucesso do Fechamento de Mina:**

são parâmetros ambientais e socioeconômicos, passíveis de quantificação, por meio dos quais se podem identificar mudanças implantadas no local da mineração, sejam elas de ordem física, química, biológica ou socioeconômica, cujo objetivo é tornar a área apta a uma nova forma de utilização. São revestidos de credibilidade e devem abranger aspectos que comprovem a estabilidade física, química, biológica, social e econômica da área.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

Por exemplo, em uma mina onde as escavações atingem zonas mineralizadas com pirita, existe o risco potencial de geração de drenagem ácida. Se o plano de fechamento da mina requer a estabilização química, a amostragem de efluente proveniente da área que tem pirita deve ser incluída no programa de monitoramento. Além da inclusão do ponto de amostragem na área com potencial de drenagem ácida, os parâmetros de qualidade da água devem ser suficientes para diagnosticar essa possibilidade. Assim, a medida desses parâmetros naquele local passa a fazer parte do rol de **indicadores de sucesso do fechamento**.

Em outra mina, o risco potencial em um local pode ser de carreamento de sólidos para determinado curso d'água pelas águas pluviais. Nesse caso, na chegada da drenagem pluvial no curso d'água, devem estar previstas amostragens de água, para análise (incluindo os índices de turbidez). Dessa forma, para este caso, os valores de turbidez no local passam a fazer parte dos **indicadores de sucesso** na fase de fechamento dessa mina.

Em uma outra situação, nos objetivos específicos do fechamento, pode estar previsto que determinado local será recoberto com mata nativa. Então, dentre os itens de monitoramento devem constar parâmetros que medem o avanço da área revegetada e a diversificação das espécies vegetais.

Quando o foco é comprovar o sucesso de programas socioeconômicos, devem ser incluídos parâmetros como IDH, renda *per capita*, etc

O momento ideal para se elaborar o primeiro rol de indicadores socioambientais é o momento do licenciamento do empreendimento. No caso de empreendimentos que foram licenciados sem esse enfoque, as renovações da Licença de Operação podem se tornar momentos oportunos para rever os parâmetros monitorados e incluir aqueles que serão **indicadores do sucesso do fechamento**. A melhor base de

## 8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO

---

dados para subsidiar a elaboração do rol de indicadores socioambientais no licenciamento é o EIA/ RIMA ou o RADA (Relatório de Desempenho Ambiental).

O monitoramento de muitos aspectos socioambientais (por exemplo, qualidade da água, do solo, do ar e de vida da população) deve ser iniciado antes da implantação do empreendimento, continuando ao longo de toda vida útil e durante o fechamento da mina. Com esse cuidado, torna-se possível acompanhar o impacto real que o desenvolvimento das atividades causa na área. Os dados coletados permitirão construir um banco de dados com o histórico das interferências ocorridas na área, em virtude das atividades do empreendimento. Com a implantação do fechamento, o histórico de dados vai ser complementado pelo registro do efeito benéfico sobre a área recuperada.

As atualizações previstas para o Plano de Fechamento, à medida que incorporam os resultados do monitoramento, vão se adequando para o fechamento e validando as condições que deverão ser verificadas.

Ao final do ciclo de vida do empreendimento, o monitoramento servirá para avaliar o processo de fechamento e assegurar o seu sucesso.

A experiência demonstra que não é possível padronizar as condições ou os critérios que devem ser utilizados para avaliar o sucesso do fechamento das minas. As condições locais, o tipo de minério, as formas da operação adotadas influenciam a escolha dessas condições ou critérios. Ou seja, para fechamento de mina, “cada caso é um caso”.

Algumas vezes os padrões e critérios ambientais são estabelecidos em resposta à má prática, erros grosseiros ou ao acontecimento de alguma tragédia. A legislação a ser desenvolvida não deve se ater ao estabelecimento de critérios e



## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

padrões e sim de normas de conduta que levem, em cada caso específico, ao estabelecimento dos próprios critérios de sucesso.

A figura a seguir apresenta um esquema dos fatores que determinam a escolha dos Indicadores de sucesso para cada mina.



**Figura 8.1:** Fatores que determinam a escolha dos Indicadores de sucesso

A comprovação do sucesso do fechamento depende de um sistema de avaliação eficiente compreendendo medições, informações, banco de dados e análise desses dados. As medições precisam ser uma decorrência da estratégia da organização, abrangendo os principais processos e seus resultados. As informações vêm de todos os segmentos implicados no processo. O banco de dados abriga todas as medições e informações relevantes e a análise desses dados permite obter conclusões importantes para apoiar a avaliação e a tomada de decisões. O estado-da-arte da gestão do

## **8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO**

fechamento é atingido com as bases científicas, dando credibilidade ao processo. A seguir, são apresentados resumidamente sugestões de indicadores socioambientais.

### **8.3 INDICADORES DE ESTABILIDADE QUÍMICA**

As técnicas usuais de laboratórios de análises físico-químicas para água, solo e ar podem produzir bons indicadores de sucesso do fechamento. O ideal é que as coletas e análises desses materiais aconteçam antes da implantação do empreendimento e continuem ao longo da operação e de todo o fechamento. Assim, pode ser traçado um histórico das condições da área comparando parâmetros durante as diferentes etapas da mina.

Na implantação do fechamento, essas análises devem ser feitas com maior frequência (geralmente 3 a 4 vezes por ano, no primeiro ano) e depois podem se tornar mais espaçadas, até que elas apresentem os resultados esperados. É importante que as agências reguladoras avaliem e credenciem laboratórios para que os resultados das análises tenham sempre o mesmo padrão de confiabilidade.

### **QUALIDADE DA ÁGUA**

A análise das águas superficial e subterrânea é um dos indicadores mais utilizados na mineração. A preocupação com a geração de drenagem ácida atinge muitos tipos de mineração.

A coleta de água deve incluir locais a jusante e a montante das barragens de rejeito, das pilhas de minério lixiviado, próximos a reservatórios de combustíveis e em outros sujeitos a operações de lixiviação e neutralização.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

É importante que se distingam as coletas das águas de escoamento superficial e das águas subterrâneas. Os parâmetros a serem monitorados dependem do tipo de minério e dos reagentes que são adicionados no seu beneficiamento, porém, os mais comuns são: alcalinidade total, dureza total, óleos e graxas, pH, alumínio total e solúvel, arsênio, mercúrio, chumbo, zinco, cobre, cromo, cádmio, ferro solúvel e total, manganês total, níquel, cloretos, cianeto livre e total, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), sulfatos, fosfatos, nitratos, temperatura, turbidez, sólidos em suspensão, sólidos totais dissolvidos, compostos orgânicos aromáticos.

### **QUALIDADE DO SOLO**

As coletas de amostras de solo devem ser feitas principalmente nos locais onde ocorreram as operações de lixiviação e neutralização, nas proximidades dos reservatórios de combustíveis e produtos químicos e nos oleodutos.

### **QUALIDADE DO AR**

A análise da qualidade do ar é usada com frequência na mineração, onde os parâmetros mais comuns a serem monitorados são: emissão de particulados medindo a poluição por partículas em suspensão (PTS) e inaláveis (PI); gases como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), ozônio troposférico (O<sub>3</sub>), hidrocarbonetos totais, amônia (NH<sub>3</sub>) e óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>).

## 8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO

### 8.4 INDICADORES DE ESTABILIDADE FÍSICA E DE SEGURANÇA HIDRÁULICA

A **estabilidade física** está relacionada à estabilidade dos taludes e bermas de barragens, pilhas, cavas, vias de acesso, etc, além da proteção contra os agentes erosivos.

Enquanto que a **segurança hidráulica** se relaciona à capacidade de escoamento dos dispositivos de drenagem superficial e à passagem de cheias pelos sistemas extravasores das barragens (que forem mantidas depois do fechamento).

Durante a fase de mineração, os fatores de segurança dos taludes e das obras hidráulicas são relativamente baixos, principalmente devido ao caráter temporário dessas obras. Porém, na fase de fechamento, todos os fatores de segurança devem ser revistos, pensando no aspecto definitivo. É recomendável incluir como indicadores de estabilidade física os **fatores de segurança** dos taludes, cavas, pilhas, barragens de rejeito e outras estruturas que forem permanecer.

Parâmetros que representem variações de tipologias no canal de cursos d'água podem ser bons indicadores de estabilidade, pois a disponibilidade de sólidos para serem carreados pelas águas superficiais tem relação direta com a ação de fatores erosivos. Assim, tem-se:

- a) Na **fase de implantação e operação da mina**, as atividades desenvolvidas incluem retirada de cobertura vegetal, cortes, transportes de solo e rocha, entre outras, que contribuem para o incremento de exposição do solo, fornecendo partículas sólidas para serem carreadas e contribuindo para o assoreamento mais rápido dos cursos d'água. Esse assoreamento, por sua vez, provoca alargamento dos canais dos cursos d'água atingidos.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

- b) Nas **fases de desativação** seguida da implementação de medidas reabilitadoras, ocorre a desaceleração do assoreamento. Assim, o alargamento do canal não só diminui como pode até mesmo reverter o processo.

A reversão do processo de erosão pode ser monitorada também com a análise de imagens aéreas produzidas periodicamente. Os recursos de geoprocessamento podem fornecer taxas percentuais de evolução ou involução dos focos erosivos.

No caso de estabilidade hidráulica, o parâmetro mais representativo é o tempo de recorrência para o qual os dispositivos de drenagem superficial e os extravasores das barragens estão dimensionados aliado ao caráter de durabilidade do material utilizado para construir os dispositivos hidráulicos.

### 8.5 INDICADORES DE ESTABILIDADE BIOLÓGICA

A estabilização biológica da área depende das características físicas e químicas do local, sendo consequência direta das estabilizações descritas anteriormente e está intrinsecamente ligada ao uso futuro da área após o fechamento.

Qualquer que sejam as medidas escolhidas para o fechamento de uma mina, essa etapa sempre envolve revegetação e restauração de grandes áreas, contribuindo para a melhoria das condições de vida para várias espécies.

O monitoramento, portanto, deve demonstrar que o local está se tornando autossustentável para a vegetação e para a fauna local, com o desenvolvimento das plantas. São frequentes as escolhas dos seguintes indicadores biológicos:

## **8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO**

---

### **AVANÇO DA REVEGETAÇÃO DO SOLO**

Possibilita a inferência da taxa de crescimento da vegetação (anual, semestral ou bimestral) da área, anteriormente degradada, potencializando a inversão do processo de degradação e influenciando sensivelmente o modo de vida da população local. Para medir esse avanço são apropriados os indicadores que envolvem densidade de espécie vegetal, taxa de crescimento, número de espécies invasoras, entre outras.

### **DIVERSIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DA FLORA**

Representada pelo aumento da diversidade de espécies de plantas que vão se adaptando a área, principalmente quando essas espécies já fazem parte do habitat original da região. O levantamento fitossociológico permite avaliar a contribuição de cada família vegetal dentro da área.

### **RETORNO E DIVERSIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DA FAUNA**

Assim como no item anterior, deve incluir mensurações do aumento tanto da população quanto de espécies da fauna terrestre ou aquática. Existem metodologias adequadas para avaliar a mastofauna, avifauna, herpetofauna, ictiofauna.

O aumento de população/espécies no meio aquático também pode ser um indicador indireto de estabilização química do meio.

O retorno da fauna nativa na área recuperada é um dos sinais mais evidentes da estabilização do bioma. Na verdade, é como se a fauna original aprovasse as ações ali executadas.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

### 8.6 INDICADORES DE ESTABILIDADE SOCIOECONÔMICA

O fechamento de mina não pode ser voltado só para os impactos ambientais. A saída da mineradora provoca um sério declínio na economia local e adjacente, gerando vários problemas de ordem socioeconômica.

Buscar uma nova identidade socioeconômica para o local e promover a autossustentabilidade dos projetos sociais de primeira necessidade para as comunidades envolvidas, consistem em atitudes determinantes para o sucesso do fechamento. Em decorrência desse fato, indicadores socioeconômicos devem necessariamente fazer parte da avaliação do grau de sucesso do fechamento, incluindo os aspectos:

- a) **Sociais**, com dados populacionais, especialmente os que se referem aos processos migratórios (taxas de ingresso, taxas de egresso, tendências sazonais e motivação);
- b) **Econômicos** que podem ser estabelecidos com parâmetros relacionados aos padrões ocupacionais (força de trabalho, taxas de emprego, oferta de trabalho), aos serviços de infraestrutura (trânsito e circulação, meios de transporte disponíveis, ligações rododiferroviárias e outros serviços públicos), aos padrões de vida (níveis salariais, renda familiar) e ao perfil patrimonial (tamanho das propriedades, produção por área, valor da terra);
- c) **Saúde pública**, que pode ser inferida estabelecendo indicadores relativos ao saneamento básico e à assistência médico-hospitalar disponíveis à população.

## **8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO**

---

### **8.7 OUTROS INDICADORES**

Outros indicadores também são importantes e necessários para se considerar o fechamento de uma mina como bem-sucedido e garantir que o local se encontra apto para um novo uso. São eles:

#### **ESTABILIDADE GEOTÉCNICA**

Conforme já foi mencionado, o fechamento de estruturas geotécnicas constitui um ponto crítico de fechamento de mina. Portanto, são indispensáveis as inclusões de indicadores que representem o comportamento geotécnico das cavas, barragens, pilhas e taludes em geral, tais como. Esses parâmetros englobam resistência ao cisalhamento, recalques e percolação da água nos materiais. Também deve ser monitorado o comportamento frente aos agentes erosivos.

#### **SEGURANÇA PÚBLICA**

Nem sempre é possível se eliminar todos os riscos à saúde e à segurança em uma área onde se desenvolveu a mineração. Assim, é necessário que se confirme se os acessos às áreas com riscos à segurança foram eficazmente verificados, sinalizados e identificados de forma a informar, coibir e impossibilitar a entrada de pessoas não autorizadas.

#### **EQUILÍBRIO HIDROGEOLÓGICO**

Como por exemplo o reaparecimento de várzeas, brejos e nascentes, com a implementação das medidas de recuperação.



## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

### RECOMPOSIÇÃO PAISAGÍSTICA

Indicadores que representem o grau de harmonização paisagística obtido com as ações do fechamento deve ser buscada em consonância ao uso futuro escolhido.



**Figura 8.2:** Butchart Gardens – Vancouver, Canadá  
Exemplo de harmonização da paisagem de áreas mineradas

## **8. AVALIAÇÃO DO FECHAMENTO**

---

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão



IMAGEM AÉREA DA REGIÃO DE EXTRAÇÃO DE  
MINÉRIO DE FERRO EM CARAJÁS - PA

## 9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS

### 9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS

Provisionar recursos para a fase de fechamento com muita antecedência é fator primordial para que o processo de fechamento ocorra como esperado. A execução de um projeto de recuperação ambiental de uma mina, a desmobilização da mão de obra e a implementação de programas socioeconômicos para mitigar impactos são atividades muito dispendiosas e devem ser provisionadas bem antes do final de vida útil.

Não são raras as minas abandonadas ou com fechamento deficiente, que deixam um legado de passivos socioambientais e riscos à saúde e à segurança devidos à falta de provisionamento de recursos. Em Minas Gérias, a Mineração Mundo é um dos casos preocupantes de mina abandonada. Sem solução no curto e médio prazo, o grande problema é saber de onde surgirão os recursos necessários para a recuperação dos passivos.



**Figuras 9.1 e 9.2:** Mundo Mineração – Rio Acima, MG  
Vista das duas barragens de rejeitos provenientes do  
beneficiamento de ouro abandonadas

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

Conhecedora da limitação de tempo de vida útil da mina, a empresa deverá ser capaz de planejar a forma de prover os recursos financeiros para execução das atividades previstas, assegurando que a sociedade não receba o passivo ambiental deixado pela mineração, evitando surpresas e contribuindo para o sucesso do fechamento.

Falta, no Brasil, como em vários outros países, uma política para implementação de garantias financeiras para o fechamento de minas. Entretanto, já se percebe uma movimentação de segmentos da comunidade em prol de regulamentação a esse respeito. Alguns princípios, citados a seguir, devem nortear o desenvolvimento dessas políticas:

- a) Garantias financeiras devem cobrir os custos das medidas previstas e do monitoramento do fechamento.
- b) As diversas esferas do governo devem estar prevenidas para a ocorrência de “abandonos de minas” em decorrência de falência das empresas mineradoras.
- c) A legislação do país deve se adequar para dirigir as reservas financeiras para um investimento seguro (que seja destinado especificamente ao fechamento) e independente de qualquer outra necessidade da empresa, não permitindo a sua utilização para outras finalidades;
- d) A forma de reservar suprimentos financeiros para custear o fechamento deve ter razoável liquidez, ser de fácil acesso para as autoridades reguladoras, bastando para isso comprovar o adequado destino que se dará ao suprimento;
- e) As autoridades reguladoras devem se certificar da boa reputação e da saúde financeira das empresas garantidoras (seguradoras, bancos) que estão se comprometendo a assumir os passivos socioambientais do empreendimento.

## **9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS**

---

A falta de uma legislação específica que obrigue a empresa a estimar os custos de fechamento e a fazer uma provisão financeira, leva a duas situações. Na primeira, as empresas chegam ao final de suas atividades e não conseguem buscar fundos para as despesas com o fechamento. Ou, pior ainda, encerram suas atividades por falência e deixam todo o passivo ambiental para trás. No segundo caso, as empresas que se preparam para o fechamento, acumulam provisões paulatinamente, mas cada uma tem seu método de calcular os custos com o fechamento e apesar de bem-intencionadas, podem subestimar estes custos.

A seguir, serão discutidas as formas de garantias financeiras praticadas para o fechamento, os custos com o fechamento, incluindo as metodologias de cálculo e uma análise sobre os riscos que cercam este tema.

### **9.1 MODALIDADES DE GARANTIAS FINANCEIRAS**

Nos países que já praticam a apresentação de garantias financeiras para fechamento de mina, em especial para reparação de danos ambientais, têm como principal foco a garantia que as áreas impactadas pela operação de empreendimentos industriais e de mineração sejam convenientemente reabilitadas.

Essa política obriga as empresas a internalizarem o custo ambiental decorrente de suas atividades, e as estimula a buscar novas técnicas operacionais e gerenciais que minimizem os efeitos e os custos dos impactos negativos potenciais oriundos da produção.

Apesar de prever custos relacionados com reparação de danos ambientais e socioeconômicos, a apresentação de garantia financeira no momento do licenciamento ambiental não exime a responsabilidade do empreendedor em recuperar



## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

as áreas degradadas pelo desenvolvimento da atividade, e nem deve substituir a obrigação de promover o fechamento da mina no término de sua vida útil ou a gestão de passivos ambientais decorrentes de atividades minerárias.

Na literatura especializada, vários tipos de garantias financeiras para reparação de danos ambientais já são praticados em países com tradição em mineração, conforme apresentado a seguir (Ávila, 2010).

### **PAGAMENTO ANTECIPADO**

Exige-se do empreendedor o pagamento antecipado do valor estimado (total ou parcial) para os custos de fechamento e/ou reparação de danos potenciais, podendo ser efetuado em uma conta judicial. Essa prática já ocorre em acordos extrajudiciais celebrados no estado de Minas Gerais entre Ministério Público e mineradores.

A maior vantagem dessa modalidade consiste na boa aceitação por parte dos órgãos reguladores e da sociedade de maneira geral. Entretanto, se for a única modalidade a ser empregada para todos os empreendimentos, pode dificultar ou até inviabilizar a implantação de novos empreendimentos, pois, o empreendedor tem a obrigação de aplicar um valor adicional, no início do projeto, quando a sua demanda de investimentos é máxima.

Outros problemas observados referem-se ao fato de não estar descartada a possibilidade de não ser bem administrada pelo depositário fiel ou de se utilizar a garantia para outras finalidades, como no caso de falência da empresa (entrar como ativo da massa falida, podendo servir para pagamentos prioritários).

## **9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS**

---

Estabelecer condições que inviabilizem a retirada de valores para outras finalidades e escolher com critério o depositário fiel, devem ser as principais preocupações com esse tipo de garantia financeira.

### **GARANTIA BANCÁRIA**

Esta modalidade decorre de um contrato do empreendedor com uma instituição financeira, de modo que a instituição financeira se torna garantidora dos recursos quando necessários, ou quando o empreendedor falhar no cumprimento com os compromissos.

As principais motivações para o uso da garantia bancária vêm de experiências bem-sucedidas em outros países e da exigência que as instituições bancárias fazem no tocante à melhoria da gestão de segurança nos empreendimentos sujeitos a essa garantia.

Em contrapartida, o contrato incorre em custos adicionais que o empreendedor deve assumir e no risco de não cobrir todas as expectativas da sociedade. Além disso, a inadimplência da empresa com a instituição financeira, ao longo do tempo, pode criar situações que desobriguem a instituição financeira de honrar com os compromissos assumidos .

Para minimizar esses riscos, recomenda-se estabelecer regras claras de cobertura no contrato (contemplando todas as exigências dos órgãos reguladores) e mecanismos de controle da gestão desse contrato ao longo do tempo.



## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

### **FUNDO DE RESERVA DA PRÓPRIA EMPRESA**

Com a finalidade de recuperar passivos ambientais, a própria empresa cria e administra um fundo de reserva, que pode ser construído no início das atividades, ou ao longo da vida útil do empreendimento. No Brasil, empresas de grande porte como a VALE já utilizam esta prática por iniciativa própria.

Pela liberdade de decidir a forma e o momento da provisão, esta modalidade tem a preferência dos empreendedores. Entretanto, só se torna aceitável para empresas sólidas que gozam de alta credibilidade junto à sociedade.

Os principais riscos devem-se ao fato da reserva poder ser direcionada para outras finalidades e, na eventualidade de falência, o órgão regulador passaria a ser apenas mais um credor, como os outros prejudicados.

Recomenda-se o uso desta modalidade apenas para as empresas consideradas como “autogarantidas” e de alta credibilidade. Mesmo assim, o órgão regulador deve incluir mecanismos de controle e/ou acompanhamento da construção da reserva nas condicionantes do licenciamento.

### **SEGURO**

Consiste na contratação de um seguro pela empresa, para o caso dela se tornar sem capacidade de assumir os compromissos no futuro. Apesar deste instrumento já ser praticado em outros países, o Brasil tem pouca experiência com seguros para danos ambientais.

As maiores vantagens são a liquidez dos recursos no momento de necessidade e a razoável segurança, quando a empresa seguradora é sólida e goza de alta credibilidade.

## **9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS**

---

Existe, porém, a dificuldade de encontrar seguradoras dispostas a dar coberturas que satisfaçam as expectativas da sociedade, bem como o risco da inadimplência do empreendedor com a seguradora, desobrigando-a de cumprir os compromissos assumidos.

Para minimizar os riscos, recomenda-se estabelecer regras claras de cobertura do contrato (contemplando todas as exigências do órgão ambiental) e antecipar o pagamento do prêmio por um período maior no início, como, por exemplo, antecipar o pagamento do seguro pelo período de cinco anos.

### **HIPOTECA**

A empresa oferece ativos (inclusive propriedades) como garantia, os quais ficam hipotecados em nome do órgão regulador até o momento estipulado para a liberação da garantia.

Esta é uma alternativa interessante para as empresas em cenários de valorização da propriedade. Porém, existem desvantagens como a possibilidade do bem hipotecado estar sujeito a efeitos decorrentes da inflação e/ou a alterações de conceito operacional, assim como dificuldade de liquidez em situações emergenciais.

Esta modalidade deve merecer os mesmos cuidados já praticados em hipotecas de outra natureza, principalmente no que se refere aos critérios confiáveis de avaliação.

### **TRANSFERÊNCIA DE RISCOS PARA TERCEIROS**

Trata-se de um esquema inovador de transferência do risco associado à recuperação de passivos ambientais. A empresa em processo de licenciamento contrata outra empresa (não necessariamente uma instituição financeira) com valores fixos e

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

transfere as responsabilidades e obrigações referentes aos passivos ambientais. Muitas vezes a empresa que aceita a transferência de riscos é outra mineradora.

Pode ser uma modalidade facilitadora de garantia, porém, a segurança da garantia fica submetida à saúde financeira da empresa que aceitou assumir os riscos. Sendo assim, a transferência só pode ser admitida se a empresa garantidora for considerada como “autogarantida” e tiver credibilidade perante a sociedade.

### **FUNDO PARA RECUPERAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS**

O governo ou outra instituição pré-definida administra um fundo formado por empresas que contribuem de acordo com critérios pré-estabelecidos. Alguns sistemas adotam a produção do empreendimento como critério de contribuição para o fundo. Outros adotam os riscos de geração de passivos inerentes às atividades desenvolvidas como critério para valor de contribuição. Outros, ainda, relacionam a contribuição à extensão da área impactada.

O administrador do fundo direciona os recursos para as situações ambientais prioritárias.

Na prática internacional, o mais comum é que a empresa deposite em parcelas, que se distribuem ao longo do tempo, os recursos necessários para o fundo, tendo como beneficiário o órgão regulador até que as condições permitam a liberação da garantia.

A alternativa é interessante para as empresas na medida em que podem provisionar em parcelas e ainda podem auferir os rendimentos após as obrigações terem sido cumpridas. A prática possui grande aceitação na África do Sul, mas é pouco utilizada nos EUA.

## **9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS**

---

A maior vantagem constitui em não impactar a situação financeira da empresa no momento da implantação, não sobrecarregando o caixa com pagamentos antecipados.

Entretanto, deve-se considerar o risco de má administração do fundo e de inadimplência das empresas em relação a esse fundo. Muitas vezes, observa-se que não existe abertura para todos os tipos de empresas participarem do grupo, uma vez que as regras para inserção de empresas devem ser rígidas, para não gerar riscos para o próprio fundo.

Recomenda-se que as contribuições, neste caso, devem ter base em potencial de riscos ambientais com estimativas realísticas de custos. Além disso, é necessária uma boa definição para a forma de gestão do fundo, que deve ter representação dos cotistas e eventualmente da sociedade.

### **FUNDOS GERENCIADOS POR SETORES ESPECÍFICOS**

É um modelo particular do mecanismo discutido no item anterior. Grupos específicos arcam com os custos de fechamento das minas asseguradas e com a recuperação de passivos ambientais utilizando recursos dos membros do próprio grupo.

Esta modalidade de garantia é mais efetiva para grupos de mineradores com as mesmas características, como, por exemplo, cooperativas de empresas mineradoras de rochas ornamentais em uma determinada região. Pode constituir uma modalidade aplicável a pequenas e médias empresas mineradoras. Se um dos membros falir, o fundo assume os compromissos.

De toda forma, a inserção de uma empresa no fundo sempre irá requerer que a empresa passe por uma análise da saúde financeira, do atendimento ao processo de licenciamento e da experiência em operação e reabilitação.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

Neste caso, também deve ser considerado o risco de má administração do fundo.

### **GARANTIAS MISTAS**

Algumas vezes a utilização de mais de uma forma de garantia, associando duas ou mais modalidades pode ser a solução para alguns casos de licenciamento e deve ser analisada com todas as particularidades necessárias, considerando o porte do empreendimento, os riscos potenciais, a capacidade do empreendedor e seu histórico de responsabilidade ambiental (Torquetti e Sawaya, 2014).

## **9.2 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DO FECHAMENTO**

Independente do instrumento de garantia financeira a ser selecionado, para o sistema funcionar como se pretende, é necessário primeiro discutir formas de se estimar os custos para reparar o prejuízo potencial que a sociedade fica sujeita ao autorizar e apoiar um determinado empreendimento, ou parte dele (ICMM, 2008).

O valor da garantia é um aspecto delicado, pois cada projeto tem suas especificidades que resultarão na avaliação de uma série de fatores, tais como o tipo de empreendimento, o nível de produção, a vida útil do empreendimento, a localização das instalações, a tecnologia de produção adotada, dentre outras variáveis que terão influência sobre os impactos ambientais e socioeconômicos.

Para efetuar qualquer provisão financeira deve-se ter em mãos uma estimativa realista do que serão os custos com o fechamento da mina.

## 9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS

---

A estimativa de custos referente ao fechamento deve ser considerada desde a fase de viabilidade de uma mina, devendo fazer parte do plano conceitual de fechamento. Nessa fase a estimativa é realizada de forma grosseira, pois o nível de precisão das informações é baixo, mas à medida que a vida útil da mina avança, os cálculos podem ser refinados se aproximando mais da realidade. Assim, nos anos finais da mina, a estimativa de custos vai sendo detalhada, refletindo os custos reais para as fases de fechamento e pós fechamento.

Algumas diretrizes devem nortear as decisões que se referem a custos com o fechamento:

- a) As estimativas de custos do fechamento devem levar em conta todos os aspectos ambientais e socioeconômicos e devem ter como base planos de fechamento realistas.
- b) É importante ter uma previsão do tempo efetivo do fechamento e do monitoramento, pois esses fatores influenciam muito nos custos.
- c) Auditorias regulares e independentes auxiliam na revisão periódica do plano de fechamento.
- d) Uma boa comunicação entre as empresas de mineração e as agências reguladoras auxiliam na identificação antecipada de falhas nos planos de fechamento e problemas na implementação dos mesmos.
- e) A tendência da legislação é aumentar as exigências de proteção ambiental, refletindo não só nos custos da operação ao longo do tempo, como também no custo do fechamento.
- f) Os planos de fechamento devem incorporar tecnologias atualizadas, pois dificilmente planos “baratos” promovem um fechamento com sucesso no longo prazo.
- g) O fundo de reserva para os custos com o fechamento deve ser construído ao longo do tempo de operação da mina.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

- h) Os trabalhos de reabilitação e o fechamento parcial da mina devem ser conduzidos durante a vida útil da mina (fechamento progressivo), pois diminuem o custo total.
- i) Estimativas de custos de fechamento devem fazer parte dos documentos financeiros da empresa e serem acessíveis ao público.

Os custos com o fechamento devem incluir as seguintes partes: **custos com empregados** (desde os gastos com cortes e demissões até despesas com recolocações e projetos sociais); **custos ambientais** (incluindo os gastos com todo o passivo ambiental e o monitoramento) e **custos socioeconômicos** (prevendo a implantação de programas socioambientais que estimulem a independência da comunidade em relação à companhia de mineração).

As atividades a serem orçadas, portanto, devem englobar o descomissionamento, os trabalhos de demolição, remoção da infraestrutura, recuperação de ativos, recomposição da paisagem, fechamento de aberturas e acessos subterrâneos, trabalhos de remediação em locais com contaminação e de restauração onde for possível, atividades de manutenção e monitoramento, gastos com administração e gerenciamento (contando demissões, treinamento, realocação e programas sociais).

### 9.3 FATORES CONSIDERADOS NOS CÁLCULOS

Para evitar surpresas com os custos do fechamento, recomenda-se que governo e mineradora optem por calcular os custos com o fechamento, prevendo a pior situação em termos de custos. Segundo a *Legislative Audit Division of Montana (US)* os cálculos para garantia financeira deveriam levar em conta os percentuais apresentados na tabela abaixo:

## 9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS

**TABELA 9.1: ESTIMATIVAS DE CUSTOS DO FECHAMENTO**

| <b>CUSTOS COM O FECHAMENTO</b> | <b>FATORES PARA CÁLCULO</b>   |
|--------------------------------|---|
| Custos diretos                 | Calculado usando condições que representam o custo máximo                                     |
| Custos indiretos               | Calculado de acordo com a equipe de projeto e com o local                                     |
| Mobilização                    | 1% a 5 % dos custos diretos.  |
| Contingências                  | Incertezas de projetos eventos inesperados, 2% a 5% dos custos diretos.                       |
| Engenharia e projetos          | Replanejamento para refletir as condições decorrentes do processo, 2 a 10% dos custos diretos |
| Lucros e despesas gerais       | Lucros e despesas gerais não incluídas nos cálculos, 3% a 14% dos custos diretos.             |
| Gerenciamento do fechamento    | Inspeção e supervisão, 2% a 7 % dos custos diretos  |

Fonte: *Legislative Audit Division (1997) in Lima et ali, 2003.*

É importante ainda considerar nas estimativas, algumas condições que, quando ocorrem, majoram os custos do fechamento. Aragão et ali, (2012) apresenta um resumo dos aspectos mais relevantes para o julgamento da necessidade (ou não) de considerar um incremento no valor adotado para estimativas de custos de fechamento para cada unidade operacional da mina.

### CAVAS

Quando se analisa o fechamento de uma cava, os aspectos mais relevantes em relação às variações de custo de fechamento são: dimensão da cava, presença na face dos taludes de



## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

minerais potencialmente contaminantes e o uso futuro desejado.

Em relação ao tamanho da cava, os custos são diretamente proporcionais ao aumento da profundidade e da largura da cava, pois, para o fechamento, é fundamental buscar a estabilização dos taludes e a adoção de medidas que visem o controle dos processos erosivos.

O acréscimo dos custos do fechamento de cava em função do uso futuro almejado é mais relevante quando a solução de fechamento exige a reintegração da cava à paisagem natural, com o preenchimento da mesma.

### **PILHAS DE ESTÉRIL / REJEITOS**

Em relação às pilhas, os custos são diretamente proporcionais à área ocupada e a altura da pilha, uma vez que o fechamento desta estrutura incorre em adoção de medidas que visem à estabilidade e ao controle dos processos erosivos.

Assim como nas cavas, a presença de substâncias contaminantes eleva muito os custos do fechamento das pilhas, em função da adoção de medidas protetivas ou mitigadoras da contaminação.

Os critérios de projeto também são determinantes nos custos, pois quanto mais adequados ao longo prazo, menos reparos serão necessários para adequar a pilha, garantindo a estabilidade física e química do local, após o encerramento de sua vida útil.

O modo de operação da pilha pode aumentar ou diminuir os custos de seu fechamento. Por exemplo, quando se adota na operação o fechamento progressivo ganha-se muitas vantagens de custos e de manejo ambiental.

## **9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS**

---

### **BARRAGENS**

O levantamento de custos do fechamento de uma barragem de rejeitos é muito afetado quando os seguintes aspectos são analisados: área ocupada pelo reservatório, presença de material potencialmente contaminante no rejeito, tipo de revestimento de fundo do reservatório, relevância ambiental da bacia hidrográfica na qual a barragem está inserida.

A área ocupada pelo reservatório é um aspecto relevante no tocante aos custos, tendo em vista que um número considerável dos fechamentos de barragens de rejeitos implica em revestir a superfície do reservatório e, em seguida, recobri-lo com vegetação.

Caso a bacia hidrográfica na qual a barragem está inserida apresente características que lhe dão caráter de relevância ambiental, os custos de fechamento são majorados, já que os critérios adotados passam a ser muito mais rígidos que nos outros casos.

A presença de material contaminante no rejeito também é determinante para decisões que envolvem medidas bastante onerosas. A necessidade de envelopar o rejeito isolando-o do meio ambiente e/ou a possibilidade de adoção de medidas ativas, tais como bombeamento e tratamento de água subterrânea contaminada aumentam enormemente os custos com o fechamento.

Assim como nas pilhas, a adoção de critérios cuidadosos de projeto pode contribuir para uma redução significativa dos custos com o fechamento desta estrutura.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

### **INFRAESTRUTURA E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS**

No caso de instalações industriais e infraestrutura três aspectos principais influenciam os custos: tipo de equipamentos, operação descuidada e uso futuro.

Se parte das instalações e equipamentos são atualizados e podem servir para outras atividades, as operações de desmontagem e retirada podem ser subsidiadas pela venda desses ativos.

As instalações industriais e outras áreas são locais onde podem ocorrer contaminações de solo e água subterrânea, caso a operação não seja cuidadosa, durante a vida útil da mina.

O tipo de uso que será destinado à área também influencia significativamente nos custos. O exemplo de Águas Claras, onde no local será implantado um complexo urbanístico, os custos serão recuperados, podendo até haver lucro com o fechamento, na ocasião da venda dos terrenos.

### **9.4 METODOLOGIAS DE CÁLCULO**

Até bem pouco tempo, as várias formas utilizadas para se estimar os custos do fechamento consideravam apenas os custos ambientais. Assim, os modelos de cálculo para fechamento consideravam os custos da seguinte forma (Sawaya, 2008):

#### **PROPORCIONAL A ÁREA GLOBAL IMPACTADA**

Nesta forma de calcular, os custos de fechamento de mina consideram apenas o tamanho da área que sofreu distúrbio ambiental associado a um custo unitário de reabilitação e pode ser obtido pela equação.

## 9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS

$$R = C \times A$$

Onde:

R = Custo de reabilitação

C – Custo unitário por hectare

A – Área alterada

Este tipo de cálculo confirma a cultura de entender o fechamento de uma mina como um projeto apenas de recuperação e reabilitação física da área, esquecendo-se do aspecto socioeconômico.

Além disso, neste método, considera-se no orçamento dos custos apenas duas variáveis, sem contemplar aspectos específicos de grande peso nos custos, como por exemplo problemas de contaminação química.

No Brasil, não se dispõe de nenhuma informação referente à utilização de valores base para estimativa de custos de área global impactada.

Nos Estados Unidos, esta referência de cálculo é muito comum em minas de carvão.

Na Austrália, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) de Queensland utiliza valores índices para calcular os custos de fechamento para definição da garantia financeira a ser realizada pelo empreendedor. Queensland possui dois métodos, sendo o primeiro com base em projetos padrão (para áreas menores que 10 hectares) e o segundo com base em projetos não padronizados. A metodologia de cálculo baseada em projetos padrão é utilizada na fase de exploração e na fase de desenvolvimento de projeto mineral, considerando a área total impactada e os riscos associados à reabilitação. Nos cálculos para projetos não padronizados ainda entram variáveis considerando:

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

- a) Risco Baixo: Fácil reabilitação ou resultado positivo de reabilitação realizada em *sites* análogos.
- b) Risco Alto: Difícil reabilitação, como por exemplo: topografia íngreme, solos dispersos, área remota e de ecossistema sensível.
- c) Desempenho ambiental do empreendedor: considerando atitudes, resultados obtidos e capacidade financeira para cumprir o compromisso.

### PROPORCIONAL A PRODUÇÃO DA MINA

No Brasil, este cálculo tem sido muito utilizado, por iniciativa de empreendedores. O problema nesse caso é a dificuldade de se estabelecer o percentual sobre a produção para cada empresa, já que aplicar uma taxa fixa sobre o valor da produção pode provocar disparidades entre o que foi reservado e os custos reais (cada tipo de mineração gera um passivo ambiental diferenciado, implicando em custos proporcionais também diferenciados).

### COM BASE NO PLANO DE FECHAMENTO (RECOMENDADA)

A tendência hoje é fazer estimativas de custos com base no **Projeto Atual de Fechamento**. Para se ter uma boa aproximação entre a reserva construída ao longo do tempo de mineração e os custos efetivos do fechamento, é primordial que os planos de fechamento sejam periodicamente atualizados e seus orçamentos refeitos, recomenda-se pelo menos uma atualização por ano. Neste caso, as contribuições para o fundo devem variar, ao longo da vida da mina, para cima ou para baixo, refletindo as mudanças propostas nas atualizações dos planos de fechamento.

## **9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS**

---

### **9.5 RISCOS DO PLANEJAMENTO À IMPLANTAÇÃO**

A implantação do fechamento de uma mina pode ser um momento crítico para o empreendimento devido aos riscos muitas vezes desconsiderados, ou imprevisíveis. Os fatores de risco mais comuns estão comentados a seguir.

#### **SUSPENSÕES INESPERADAS**

As suspensões inesperadas de mina são geralmente grandes complicadores devido à falta de provisões. Os motivos para ocorrerem paralisações repentinas são muito variados, porém sempre ligados às condições financeiras do empreendimento, por exemplo, queda nos preços do bem mineral explorado, dificuldades financeiras da empresa levando-a a falência.

Os problemas gerados com as suspensões inesperadas são tanto de ordem ambiental (grandes áreas necessitando reabilitação física, tratamentos para remover impactos químicos) como socioeconômico (desemprego repentino da força de trabalho e impacto social nas comunidades circundantes).

Mesmo quando a paralisação é apenas temporária, em virtude de circunstâncias inesperadas, ela é preocupante, pois não se sabe qual será o tempo de espera real e quais os complicadores que ocorrerão neste tempo. Deve-se ter em mente que em uma mina paralisada temporariamente, o aspecto dinâmico do meio ambiente pode maximizar alguns problemas relativos à segurança ou à saúde de populações adjacentes, como evolução dos processos erosivos, assoreamento dos cursos d'água e aumento de áreas contaminadas.

A forma de minimizar esses efeitos seria, fazer recair a responsabilidade de gerenciar o fechamento sobre as esferas governamentais. Portanto, as agências reguladoras devem estar preparadas para enfrentá-las, se precavendo com possibilidades de obter fundos.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

### **ALTERAÇÕES DOS OBJETIVOS DO FECHAMENTO**

Se durante a vida da mina **os objetivos de o fechamento necessitarem de mudanças**, pode acontecer um disparate entre as provisões e os custos reais com o fechamento. Entretanto, se a empresa mantém uma conduta aberta, clara, transparente, realista, pode chegar a um acordo com as autoridades reguladoras e a comunidade local, delineando um ponto comum, ditado pelo bom senso, na solução de tal impasse.

### **ALTERAÇÕES NO PROJETO DA MINA**

Outro risco associado às garantias e provisões financeiras se deve às **alterações significativas no projeto da mina**. Durante a operação da mina, pode haver alterações relevantes em seu projeto, refletindo no plano de fechamento. A prática de revisões periódicas nos planos de fechamento das empresas mineradoras vai auxiliar na detecção de incompatibilidade financeira entre o proposto e os fundos de reserva, possibilitando assim redirecionar reservas financeiras, em tempo hábil, para promover o fechamento.

### **REDIRECIONAMENTO DOS FUNDOS DE RESERVA**

**Redirecionar fundos do fechamento para outras necessidades imediatas da empresa** deve ser evitado incisivamente. Para isso a legislação deve ser clara e objetiva regendo o destino deste fundo unicamente para o fechamento.

Recentemente, tem se desenvolvido a prática de inventariar os passivos ambientais de uma área, em especial as áreas onde se desenvolveu uma atividade mineraria, quando ocorre mudança de proprietário ou de ramo de atividade (*due diligence*). A prática da investigação dos passivos ambientais

## 9. PROVISÃO E GARANTIAS FINANCEIRAS

---

tende a diminuir o risco de **herdar passivos ambientais desconhecidos ou subdimensionados**.

Sabendo que a garantia financeira para fechamento de mina é tão somente uma garantia que o plano de fechamento será implementado, deve-se ter em mente que governo e companhia mineradora necessitam estimativas detalhadas de quanto custará realizar todas as atividades requeridas para o fechamento (Lima, et ali, 2003). Cada estimativa deve ser tão exata quanto possível para que efetivamente forme as bases na escolha do instrumento mais adequado para a garantia financeira em uma dada mineração.



## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---



**IMAGEM DE INUNDAÇÃO EM DECORRÊNCIA DA  
PASSAGEM DA ONDA DE RUPTURA DE BARRAGEM DE  
REJEITOS**

## **10. CONTRA A HERANÇA DE PASSIVOS**

---

### **10. CONTRA A HERANÇA DE PASSIVOS**

Como já foi discutido neste trabalho, locais com tradição de mineração costumam ter um histórico de passivos ambientais deixados para a sociedade, devido, em grande parte, à ausência da cultura de “fechamento de mina”.

Até hoje, o risco de herdar mais passivos de mineração persiste e ocorre com muito mais frequência do que se imagina.

Mesmo as empresas sólidas e de grande credibilidade não estão imunes ao risco de criar passivos que não serão solucionados em curto, médio ou longo prazo. Os danos decorrentes do rompimento da Barragem do Fundão constituem um exemplo concreto dessa realidade. Quase dois anos depois da tragédia, tem-se uma nítida ideia da morosidade na tomada de decisões, das dificuldades técnicas para implantação de todas as medidas necessárias, do enorme vulto de recursos necessários e, até mesmo, da impossibilidade técnica de recuperação de grande parte desses danos.

Para evitar ou remediar situações como essas, a sociedade deve conhecer bem quais os dispositivos que lhe permitem entrar na luta contra passivos ambientais decorrentes da mineração. Existem não só dispositivos legais, como instrumentos de gestão e acordos internacionais que direta ou indiretamente interferem nas ações dos empreendimentos de mineração e vão refletir no sucesso de fechamento das minas.

Sem dúvida nenhuma, o Licenciamento Ambiental é um dos mais importantes e eficazes instrumentos para evitar a herança de passivos indesejados. A forma como ocorre nos empreendimentos de mineração está resumida a seguir.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

### **10.1 LICENCIAMENTO AMBIENTAL**

O licenciamento ambiental é uma exigência legal a que estão sujeitos todos os empreendimentos ou atividades que empregam recursos naturais ou que possam causar algum tipo de poluição ou degradação ao meio ambiente.

Licenciar um empreendimento, na verdade, é lidar com um importante instrumento de gestão da Administração Pública no controle sobre as atividades humanas que interferem nas condições ambientais. O licenciamento busca conciliar a necessidade de utilizar os recursos naturais para o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade do meio ambiente. Ou seja, é um instrumento que serve para atingir o equilíbrio entre o direito a todos de exercer uma atividade econômica e a necessidade de manter um meio ambiente equilibrado.

A responsabilidade do licenciamento ambiental, fica a cargo dos órgãos ambientais estaduais, exceto quando o empreendimento interfere em mais de um estado ou na plataforma continental.

Como já foi exposto no capítulo anterior, as principais diretrizes para a execução do licenciamento ambiental estão expressas na Lei 6.938/81 e nas Resoluções CONAMA nº 001/86 e nº 237/97 e na Lei Complementar 140/11, que fixa normas de cooperação entre as três esferas da administração (federal, estadual e municipal) na defesa do meio ambiente. Muitos estados desenvolveram diretrizes próprias, como é o caso de Minas Gerais, onde o licenciamento ambiental é regido pela Deliberação Normativa do Conselho de Política Ambiental - DN COPAM 74/2005.

Aparentemente, a sociedade não interfere diretamente na tomada de decisão do processo de licenciamento ambiental, mas pode participar direta ou indiretamente na decisão. Nas

## **10. CONTRA A HERANÇA DE PASSIVOS**

audiências públicas que fazem parte do processo de licenciamento, a sociedade tem a oportunidade de se manifestar diretamente. Enquanto que, nos pareceres dos analistas dos órgãos ambientais, a sociedade se faz representada indiretamente.

O processo de licenciamento ambiental possui três etapas básicas que são:

### **LICENÇA PRÉVIA (LP):**

Solicitada na fase de planejamento da implantação, alteração ou ampliação do empreendimento, cujo objetivo é analisar a viabilidade ambiental da existência do empreendimento no local desejado.

Estabelece as exigências técnicas ("condicionantes") para o desenvolvimento do projeto, mas não autoriza sua instalação. Ou seja, é o sinal verde para o empreendedor planejar o empreendimento.

Na maior parte dos empreendimentos de mineração, os impactos são significativos e o responsável deve providenciar o Estudo e o Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA).

Um EIA detalhado deve fornecer informações que possibilitem a definição de medidas mitigadoras e compensatórias dos impactos negativos e a elaboração de planos de acompanhamento das medidas a serem implementadas, juntamente com seu monitoramento.

### **LICENÇA INSTALAÇÃO (LI):**

Define o momento onde os projetos são aprovados. É a licença que autoriza o início da obra de implantação do projeto. É concedida depois de atendidas as condições da Licença Prévia

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

e após a aceitação da forma como o empreendimento será instalado e operar. Para esta etapa é importante o Plano de Controle Ambiental – PCA

### **LICENÇA DE OPERAÇÃO (LO):**

Licença que autoriza o início do funcionamento do empreendimento/obra, das atividades produtivas. É concedida após a confirmação da implantação das medidas de controle ambiental para o início das atividades licenciadas e o funcionamento dos equipamentos de controle de poluição previstos no plano de mineração.

### **RENOVAÇÃO DA LO:**

Afora as etapas citadas, ainda existem as **renovações de licença**. As renovações da LO submetem formalmente o desempenho ambiental do empreendimento a uma avaliação periódica. O documento exigido para a renovação é o Relatório de Desempenho Ambiental – RADA.

### **AValiação DO FECHAMENTO DE MINA:**

No Estado de Minas Gerais, para empreendimentos minerários, o licenciamento ambiental avalia mais uma etapa que é a do fechamento. Para isso, conta com a Deliberação Normativa COPAM nº 127, de 27 de novembro de 2008, que estabelece diretrizes e procedimentos para avaliação ambiental da fase de fechamento de empreendimentos minerários.

A etapa de fechamento tem como objetivo garantir a segurança e a saúde da população bem como a autossustentabilidade física, química, biológica e social da área a ser reabilitada, possibilitando a utilização futura da área.

## **10. CONTRA A HERANÇA DE PASSIVOS**

A seguir são descritos outros dispositivos, instrumentos e acordos que também contribuem para evitar a existência de passivos ambientais decorrentes da mineração.

### **10.2 AUDIÊNCIAS PÚBLICAS**

As audiências públicas legitimam o Princípio da Participação Popular na Proteção do Meio Ambiente. É o momento no qual a sociedade pode atuar diretamente na defesa do meio ambiente participando na formulação e na execução de políticas ambientais.

A audiência pública é um processo administrativo aberto de participação a indivíduos e a grupos sociais determinados, visando o aperfeiçoamento da legitimidade das decisões da Administração Pública, criado por lei, que lhe preceitua a forma e a eficácia vinculatória, pela qual os administrados exercem o direito de expor tendências, preferências e opções que possam conduzir o Poder Público a decisões de maior aceitação consensual.

Portanto, as audiências públicas são canais de participação direta do povo nos planos administrativos e legislativos, em todos os níveis governamentais, abertos aos cidadãos (individualmente considerados ou organizados em associações).

As audiências públicas permitem o exercício dos direitos de informação e de manifestação de tendências, de preferências e de opções populares, a respeito de assuntos determinados, com vistas a informar e a orientar os órgãos públicos na tomada de decisões políticas e administrativas, vinculadas ou não aos seus resultados, nos termos de norma disciplinadora (Souza Miranda, 2012).

Porém, a cultura de audiência pública ainda não está bem difundida e o que se percebe na prática é a falta de eficácia da

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

audiência pública no processo de licenciamento ambiental, por ser uma atividade de natureza consultiva, sem caráter vinculatório.

### **10.3 AÇÃO CIVIL E MANDADO DE SEGURANÇA**

Os dispositivos legais que permitem a sociedade interferir diretamente nos empreendimentos, em razão de danos ambientais, são a Ação Civil Pública, Ação Popular e Mandado de Segurança, comentados brevemente a seguir.

#### **AÇÃO CIVIL PÚBLICA:**

É um instrumento processual de proteção contra o dano ambiental e outros, que permite a pessoas, que não sofreram o dano diretamente, ingressarem em juízo contra os responsáveis pelo dano. Podem ser partes legítimas para propor ação: Ministério Público (pode ser provocado por um cidadão comum ou um servidor público), União, estados e municípios, autarquias, empresas públicas, fundações, sociedades de economia mistas, associações legalmente constituídas e em funcionamento há pelo menos um ano e que incluam nas suas funções proteção ao meio ambiente. O objeto da ação é a condenação em dinheiro e/ou o cumprimento de obrigações de fazer ou de não fazer.

#### **AÇÃO POPULAR:**

É um dispositivo para obter invalidação de atos administrativos ou de entidades, em que o Estado participe, lesivos ao patrimônio público, à moralidade administrativa, ao meio ambiente e ao patrimônio histórico e artístico. Qualquer eleitor é parte legítima para obter esta invalidação. A função da

## 10. CONTRA A HERANÇA DE PASSIVOS

Ação Popular é prevenir e reprimir as atividades lesivas expostas acima.

### **MANDADO DE SEGURANÇA:**

É um dispositivo para proteger o direito individual ou coletivo, inclusive envolvendo o meio ambiente. Pessoas físicas ou jurídicas, ou entidades com capacidade processual podem ingressar em juízo. O mandado de segurança não tem sido menos eficiente em relação os outros dois dispositivos.

### 10.4 INSTRUMENTOS DE GESTÃO AMBIENTAL

Alguns instrumentos de gestão ambiental compreendem um reforço para a defesa dos interesses relacionados ao meio ambiente, concorrendo para uma postura que facilita a fase de fechamento de mina, conforme comentado a seguir.

#### **PRAD:**

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) propõe o conjunto de soluções técnicas exigidas pelo órgão ambiental competente, cujo objetivo é estabelecer uma nova forma de utilização da área minerada.

Em termos gerais, o PRAD tem muitos objetivos comuns aos planos de fechamento: proteger o meio ambiente, garantir a segurança e a saúde pública reabilitando o local da mina a um estado de uso futuro adequado. Porém, com diferentes modos de propor e elaborar.

Os itens a seguir, não estão focados no fechamento, mas de certa forma, têm contribuído muito para diminuir passivos da mineração.



## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

### **MONITORAMENTO AMBIENTAL:**

Consiste em realizar medições e observações específicas dirigidas a alguns indicadores e parâmetros ambientais, com o objetivo de identificar e avaliar impactos ambientais e/ou a eficácia das medidas reparadoras implantadas.

### **AUDITORIA AMBIENTAL:**

Consiste em uma análise sistemática, periódica, documentada e objetiva da conformidade existente entre as práticas de uma empresa e as exigências ambientais estabelecidas.

### **ANÁLISE DE RISCOS AMBIENTAIS:**

Compreende a estimativa prévia da probabilidade de ocorrência de um acidente e a avaliação das consequências ambientais, econômicas e sociais, permitindo a prevenção dos mesmos.

### **INVESTIGAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS:**

Corresponde à identificação e avaliação de todos os problemas ambientais preexistentes e tem sido utilizado na aquisição de um novo empreendimento ou um novo proprietário. Serve, particularmente, para evitar que futuros proprietários assumam, sem conhecimento prévio, passivos ambientais causados por anteriores.

### **CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL:**

É um dispositivo, inspirado na normatização técnica inglesa, que se traduz na montagem de uma estrutura

## 10. CONTRA A HERANÇA DE PASSIVOS

organizacional, cujo objetivo primordial é promover ações voltadas à melhoria contínua do desempenho ambiental. Esse modelo serviu de referência para elaboração da série de normas técnicas editadas pela *International Organization for Standardization* (ISO 14.000). O *Bureau Veritas Quality International* (BVQI), através de órgãos credenciados em vários países, serve-se deste sistema de gestão para promover a certificação ambiental da empresa. A certificação ambiental tem reconhecimento internacional e tem estimulado empresas do ramo de mineração a adotarem este sistema de gestão.

### SEGURO AMBIENTAL E INSTRUMENTOS A FINS

Instrumento que tem a finalidade de garantir a reparação de danos pessoais ou materiais causados involuntariamente a terceiros, decorrentes de poluição ambiental. Este mecanismo é um fator importante na melhoria da gestão, já que as companhias seguradoras, exigem de seus clientes severos requisitos prévios de segurança.

### APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE BAT (MTD)

Para reverter o processo de degradação ambiental decorrente do crescimento econômico está sendo necessário introduzir mudanças na forma de se pensar a relação “processo produtivo x meio ambiente”. Mecanismos são procurados para promover ações de prevenção da degradação e a própria tecnologia que vem gerando riscos pode encontrar a solução para assegurar que eles não ocorram, buscando o mais efetivo e avançado estágio no desenvolvimento de atividades e de seus métodos de operação.

De acordo com Loubet (2014), dentre as soluções para o impasse entre a necessidade do desenvolvimento e o desejo de preservação ambiental, encontra-se a ligação dinâmica entre o Direito e a Técnica. Nessa ligação, o casamento do progresso do

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

universo técnico-científico com instâncias constitucionais legitimadas promoveu o surgimento do conceito de *BAT* (*Best Available Techniques*), que pode ser traduzido como Melhores Técnicas Disponíveis (MTD).

O conceito de *BAT* ou MTD, pode ser assim entendido:

- ⇒ **Melhores** – sinônimo de mais eficazes para se alcançar um nível geral alto de proteção do meio ambiente como um todo.
- ⇒ **Técnicas** – aquelas que também incluem a tecnologia usada e o modo na qual a instalação está projetada, construída, mantida, operada e desativada, englobando o conceito “**do berço à tumba**” e fortalecendo a visão holística do processo.
- ⇒ **Disponíveis** - aquelas desenvolvidas sobre uma escala que permite implementação no setor industrial, sob condições viáveis técnica e economicamente, levando em considerações custos e vantagens, mas sem deixar de contemplar as exigências da sociedade. É importante que o cotejo custo x benefício considere, além do valor econômico da implementação das ações, também a valoração do bem ambiental afetado.

Nas questões ambientais, as relações entre o Direito e a Técnica passam a ser cada vez mais frequentes, complexas e necessárias, configurando a interdisciplinaridade do Direito Ambiental. Portanto, embora haja uma conceituação técnica com princípios que fundamentam o conceito de MTD, no Direito Ambiental Brasileiro também são identificados princípios que fundamentam e norteiam a aplicação desse mesmo conceito. São eles:

**Precaução** – havendo indícios de que certa atividade pode acarretar riscos ou danos potenciais ao meio ambiente, deverão ser adotadas as melhores tecnologias para evitar ou mitigar esses danos.

## 10. CONTRA A HERANÇA DE PASSIVOS

**Tolerabilidade** – o limite das agressões ao meio ambiente que pode ser tolerado está relacionado ao meio em que se desenvolverão as atividades, condicionando as MTD como o standard mínimo a ser exigido para proporcionar o patamar de proteção exigido para cada caso.

**Participação Pública e Transparência** – para manter a legitimidade democrática, é de extrema importância que o processo de definição das MTD seja resultante de um amplo debate, com base em informações de qualidade e suficientes o bastante para possibilitar a participação dos interessados (empreendedor, governo e sociedade).

**Razoabilidade e Proporcionalidade** – são dois princípios que fundamentam a liberdade do empreendedor de escolher a tecnologia específica, desde que ela atenda aos anseios da sociedade e à legislação vigente. Ou seja, a tecnologia escolhida não deve constar como obrigações de meio e sim de resultado, na medida proporcional ao que é esperado.

**Livre Iniciativa** – a livre iniciativa é pautada também pela preservação ambiental, tendo sua atuação limitada pela indisponibilidade do meio ambiente, de forma que há necessidade de buscar a coexistência da atividade, sem que a ordem econômica inviabilize o meio ambiente.

**Vedação à Concorrência Desleal** – a definição da tecnologia a ser adotada deve respeitar a adoção de critérios justos e igualitários entre os agentes econômicos, de forma que a competência seja o verdadeiro diferencial entre eles.

A intenção de praticar as melhores técnicas disponíveis foi tratada pela primeira vez na legislação, no Reino Unido na seção 5 da Lei voltada para pesca de salmão de 1861.

Outro uso precoce desse conceito aparece no *Alkali Act Amendment Act* 1874, com a finalidade de conter emanações de

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

---

ácido decorrentes da utilização do processo *Leblanc* (no Reino Unido também).

Mas, foi nos Estados Unidos que teve início o conceito elaborado de BAT, relacionado à política de implementação do controle de qualidade de ar e de água.

O tema tem exercido papel preponderante nos países que influenciaram a legislação e a doutrina do Direito Ambiental Brasileiro.

Hoje, tal conceito encontra-se amplamente difundido também nas Directivas da União Europeia e já está começando a ser praticado no Brasil.

Algumas doutrinas consideram que o conceito de MTD para licenciamentos ambientais já adquiriu o status de lei consuetudinária. Mas, infelizmente, os processos de licenciamento ainda não vivenciam essa prática.

Embora esteja previsto que a análise do processo de licenciamento verifique as alternativas locais e as alternativas tecnológicas, não é isso que acontece na prática. De modo geral, analisa-se, no máximo, algumas poucas alternativas locais, enquanto que as alternativas tecnológicas não são apresentadas ou, então, são apenas citadas e discutidas superficialmente.

Os últimos episódios envolvendo rupturas de barragens de rejeitos no Brasil e no Canadá foram trágicos e demonstraram a necessidade urgente de mudar os paradigmas que regem a escolha das alternativas técnicas adotadas.

Há uma movimentação de vários segmentos da sociedade no encontro de soluções mais seguras e eficientes. Normas estão sendo revisadas, assim como os requisitos exigidos para projeto, construção, operação e auditorias de barragens de rejeitos e de outras estruturas das minas. As instituições estão se

## 10. CONTRA A HERANÇA DE PASSIVOS

---

preparando e aperfeiçoando para exercer melhor os papéis de licenciadores e fiscais dessas atividades.

Nos empreendimentos minerários, especialmente quando os focos são a segurança e o fechamento de mina, a aplicação do conceito de MTD, com uma visão holística do empreendimento, deve ser buscada por todos os agentes envolvidos.

Na equação de viabilidade econômica dos empreendimentos minerários devem constar variáveis que representem efetivamente a minimização dos riscos para a população e o meio ambiente, os serviços ambientais sacrificados com as áreas impactadas, a otimização do uso da água, a reciclagem de resíduos de mineração e o sucesso das ações de fechamento da mina. Com isso, o desenvolvimento de valores sociais e de tecnologias avançadas podem mudar o que é atualmente considerado como "**razoavelmente viável**" para a prática do que se tem como "**melhor disponível**", buscando atingir o estado da arte da engenharia (Sawaya, 2017).

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

### 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15515-1:2011 – **Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 1: Avaliação preliminar.**

ABNT NBR 15515-2:2011 – **Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 2: Investigação confirmatória.**

ABNT NBR 15515-3:2013 – **Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 3: Investigação detalhada.**

ABNT NBR 16209: 2013 – **Avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas.**

ABREU, C.A.V. **Relatório Técnico Fotográfico da Mina de Itamarati de Minas. Companhia Brasileira de Alumínio – CBA.** Itamarati de Minas, 2003.

ALBERTS, D. e GRASMICK, M.K. **Community Involvement at Nicolet Minerals. Technical Papers, Mining Engineering.** Novembro de 2000.

ALLOWAY, B. J. ***Heavy Metals in soils.*** Blackie, Glasgow and London. Londres, 1993.

ALVES, F. A. **A reabilitação dos antigos depósitos de rejeito da Mineração Morro Velho.** ANGLOGOLD ASHANTI. Outubro, 2014.

ARAGÃO, G. SAWAYA, M. e ÁVILA, J. **Discussão Sobre Metodologias de Estimativas de Custos Para Plano Conceitual de Fechamento de Mina.** Palestra, Workshop de Fechamento de Mina. IBRAM, Belo Horizonte, 2010.

ARAÚJO, Eliane R. **Responsabilidade Social das Empresas, Comunidade e Cidadania Participativa.** Mestrado. 197 fs. Rio de Janeiro: UFRJ/EICOS – Programa de pós-graduação em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social, 2006.



## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

ÁVILA, J. P. ***Financial Guarantee of Closure Costs***. Mine Closure, Chile, 2010.

BRUNTLAND G. Our Common Future: ***The World Commission on Environment and Development***. Oxford University - UNWCED, 1987.

CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens. **Barragens de Rejeitos do Brasil**. Rio de Janeiro, 2012.

CANALES A., BELUCO A., MENDES C. A. B. **Usinas hidrelétricas reversíveis no Brasil e no mundo: aplicação e perspectivas**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. ***Decisão de Diretoria Nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007***. Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas. São Paulo: Cetesb, 2007. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/áreas\\_contaminadas/proced\\_gerenciamento\\_ac.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/áreas_contaminadas/proced_gerenciamento_ac.pdf)>. Acesso em: 08 mar.2017.

CIM - Câmara Temática de Indústria, Mineração e Infraestrutura do COPAM – **Termo de Referência do Plano Ambiental de Fechamento de Mina – TR-PAFEM**. 2009.

CLARCK, I. ***Planning for Closure: The Case of Australia***. Oxford University Press, 2000

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. *Diário Oficial da União*, Brasília, nº 249, 30 dez. 2009. p.81-84.

DA SILVA, José Afonso. **Curso de direito constitucional positivo**. 19. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2001.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE SOUZA, Marcelo Gomes. **Fechamento de mina: aspectos legais**. Disponível em:

<<http://www.brasilminingsite.com.br/artigos/artigo.php?cod=31&typ=1>> Acesso em: 01 ago. 2003.

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral. **Normas Reguladoras da Mineração – NRM (nº 20 e 21)**. 2012.

DOS REIS, Nelson Lara; BARRETO, Maria Laura. **Desativação de empreendimento mineiro no Brasil**. São Paulo: Signus Editora, 2001.

DWAF - Department of Water Affairs and Forestry. **Best Practice Guideland G5: Water Management Aspects for Mine Closure**. South Africa, 2008

EUROPEAN COMMISSION, 2009. BREF document - **Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities**. Bélgica, 2009.

FIAEMG - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Cartilha: Gerenciamento de áreas contaminadas: Conceitos e informações gerais**. 2010.

FREIRE, William. **Código de Mineração Anotado**. 5. Ed. Belo Horizonte, Editora Mandamentos, 2010.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Gestão de áreas contaminadas**. 2008.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Deliberação Normativa COPAM nº 116, 27 de junho de 2008**. Dispõe sobre a declaração de informações relativas à identificação de áreas suspeitas de contaminação e contaminadas por substâncias químicas no Estado de Minas Gerais.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010**. Institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, que estabelece as diretrizes e

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---

procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas.

GODOY, A. L. P. **Diagnósticos e Prognósticos Ambientais e Aspectos Legais de Mineração de Argila e Areia inseridas nas Bacias Hidrográficas dos Rios Mogi Guaçu e Pardo/SP.** Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

GREGORIEFF, A. **Mina a Céu Aberto, Sua Contribuição à Qualidade de Vida de Cidades de Grande Porte.** In: III Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto, Belo Horizonte, 2004.

GUIMARÃES. J.C.C. **Restauração Ecológica de Áreas Mineradas de Bauxita na Mata Atlântica.** Universidade Federal de Lavras. Lavras - MG. 2015

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Guia para planejamento do fechamento de mina.** Brasília, 2013.

ICMM - International Council on Mining & Metals. ***Planning for Integrated Mine Closure: Toolkit.*** ICMM, London, 2008.

ICMM - International Council on Mining & Metals. **Planejamento para o Fechamento Integrado de Mina.** Traduzido pelo IBRAM, 2009.

ICOLD - International Commission On Large Dams. ***Bulletin No 153: Sustainable Design and Post-Closure Performance of Tailings Dams.*** Paris, 2013.

ICOLD - International Commission On Large Dams. ***Bulletin 53: Geotextiles as Filters and Transitions in Dams.*** Paris, 1986

ICOLD - International Commission On Large Dams. ***Bulletin 104: Monitoring of Tailings Dams – Review and recommendations.*** Paris, 1996.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

IISD - International Institute for Sustainable Development. ***Seven Questions to Sustainability: How to Assess the Contribution of Mining and Mineral Activities***. Canadá, 2002.

INAP, International Network for Acid Prevention. **Global Acid Rock Drainage Guide**. 2009.

IPAT/UNESC - Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas/Universidade do Extremo-Sul Catarinense. **Projeto de Reabilitação Ambiental de Áreas Degradadas pela atividade extrativa de carvão mineral: Campo Malha II Oeste**. Siderópolis - Santa Catarina. Criciúma, 2005.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas**. 1ª edição revisada. 2014.

KOERNER & DANIEL. ***Final Covers for Solid Wastes Landfills and Abandoned Dumps***. Washington, USA (1997).

LANFREDI, Geraldo Ferreira. **Política ambiental: busca de efetividade de seus instrumentos**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2002.

LIMA, H.M. et alli. **Financial Guarantee for Mine Closure**. Revista da Escola de Minas -REM, Ouro Preto, jul.set. 2003.

LOUBET, Luciano Furtado. **Licenciamento ambiental: A obrigatoriedade da adoção das melhores técnicas disponíveis (MTD)**. Belo Horizonte, Del Rey, 2014.

MAC - Mining Association of Canada. ***Guidelines/Manuals***. Canadá, 2017.

MACÊDO, J. A B. **Introdução à Química Ambiental**. Juiz de Fora - MG. 1ed. 487p, 2002.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 11. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2003.

## Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão

---

MÁXIMO, Maria Flávia Cardoso; VIEIRA, Gabriella de Castro; REZENDE, Elcio Nacur (Orgs.). **Responsabilidade civil por danos ao meio ambiente: efetividade e desafios**. Belo Horizonte, Editora D'Plácido, 2016.

MILARÉ, Édis. **Direito do ambiente**. 10. Ed. São Paulo. Editora Revista dos Tribunais, 2015.

OLIVEIRA JUNIOR, J. B. **Desativação de empreendimentos mineiros: estratégias para diminuir o passivo ambiental**. 179p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, São Paulo, 2001.

RAGGI, Jorge Pereira. **Modelo de Fechamento de Mina: Estudo de Caso da Antiga Mina Ferrobela**. Belo Horizonte, 2011.

ROBERTS, S.; VEIGA, M.; PEITER, C. **Panorama do fechamento de minas e da reabilitação nas Américas**. Sumário Executivo. CETEM/CNPQ, Vancouver, out.2000.

ROBERTSON, A.M; DEVENNY, D. e SHAW, S.C. **Post Mining Sustainable Use Plans vs Closure Plans**. Disponível em: <http://www.infomine.com.html>. Acesso em: 5 out. 2002.

SÁNCHEZ, L. E. **Drenaje de mina a cielo abierto**. In: REPETTO, F. L.; KAREZ, C. S. *Aspectos geológicos de proteccion ambiental*. Montevideo: UNESCO, 1995. v.1, p.135-144.

SÁNCHEZ, L. E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**, São Paulo: EDUSP, 2001.

SANTANA, G. P. **Contaminação por arsênio**. Jan, 2009. Disponível em: <<http://www.cq.ufam.Edu.Br/Artigos/arsenio/arsênio.html>> Acesso em: 09 mar. 2017.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

SAWAYA, M.A.M. **Fechamento de mina: análise de casos selecionados sob os focos ambiental, económico e social.** Dissertação de Mestrado. UFOP. Ouro Preto, 2006.

SAWAYA, M.A.M. **Provisão de Garantias Financeiras.** Workshop de Barragens de Rejeitos. V Congresso de Mina a Céu Aberto e Mina Subterrânea – IBRAM. Belo Horizonte, 2008.

SAWAYA, M.A.M. **Introduzindo o Conceito de BAT (Best Available Technique) na disposição de rejeitos.** XXXI Seminário Nacional de Grandes Barragens – SNGB. Belo Horizonte, 2017

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Plano Ambiental de Fechamento de Mina – PAFEM (Termo de Referência).** Belo Horizonte, 2009.

SERRA, Silvia Helena. **Direitos minerários: Formação, Condicionamentos e Extinção.** São Paulo: Signus Editora, 2000.

SOUZA MIRANDA, M.P. **Patrimônio Cultural.** Editora Del Rey. Belo Horizonte, 2013.

TORQUETTI, Z.S.C e SAWAYA, M.A.S. **Modalidades de garantias financeiras aplicáveis a empreendimentos industriais e minerários que utilizam barragens de rejeitos, de resíduos e de reservatórios de água e sua correlação com as etapas de regularização ambiental.** Estudo Técnico, FEAM/MPMG, 2013.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. ***Risk assessment guidance for superfund, Volume I, human health evaluation manual (Part A), interim final.*** Washington, DC. USEPA, 1989. (EPA/540/1-89/003).

USEPA – United States Environmental Protection Agency. ***Brownfields and land revitalization.*** Disponível em: <http://epa.gov/brownfields>. Acesso em: 3 fev. 2017.

## **Fechamento de Mina: Planejamento e Gestão**

---