

# PLANO DE FECHAMENTO PARA A MINA DE CALCÁRIO DO MATO GRANDE, CAÇAPAVA DO SUL.

*Joiceane Leão de Freitas*

*Orientador: Prof. Dr. Raul Oliveira Neto*

## RESUMO

O fechamento de mina é uma fase essencial na mineração, gerando grandes investimentos se não houver um bom planejamento. O uso de diretrizes para fechamento de mina auxilia na criação de um plano de fechamento eficaz, integrando todas as partes interessadas: empresa, comunidade e governo, para que o resultado final seja duradouro e sustentável. Atualmente o conceito de sustentabilidade é amplamente discutido e isso inclui o setor mineral que é primordial na sociedade, pois atua como base na maioria dos segmentos industriais, desempenhando um papel importante na economia, tanto como geradora de empregos e impostos, como no desenvolvimento de cidades e regiões. Ao operar e fechar uma mina em conformidade com as diretrizes, a empresa demonstra aptidão às demandas de proteção ambiental e responsabilidade social, contribuindo para a sustentabilidade. O trabalho propôs um plano de fechamento para futuro uso da empresa, onde foram estabelecidas etapas para este projeto nas quais se incluem a descrição, diagnóstico e uso futuro da área, são sugeridas medidas de desativação e monitoramento durante e após a vida útil do empreendimento e avaliação do tipo de fechamento. Quanto à classificação do tipo de fechamento de mina, em um primeiro momento foi considerado como “fechamento prematuro” devido à situação de suspensão temporária da operação, porém, após estudos de reavaliação da jazida a empresa resolveu retomar a produção, passando então à situação de “fechamento programado”, de acordo com a classificação da metodologia atual adotada para o Fechamento de Minas.

*Palavras-chave:* fechamento de mina, meio ambiente, mineração, calcário.

## 1 Introdução

A mineração é um dos setores mais importantes para a economia mundial e essencial na vida moderna já que está presente em praticamente todos os itens usados no dia a dia. De acordo com Cunha (2007), a atividade mineral também é um grande poluidor do meio ambiente, embora provoque degradação em áreas relativamente pequenas em comparação com outras formas de mudança de uso de terras, como agricultura, exploração madeireira e construção de estradas. Os impactos provenientes da mineração são intensos e influenciam em processos erosivos, alterações do regime hídrico e também na supressão da vegetação e afugentamento da fauna, além de provocarem a desestruturação do solo e do subsolo.

A questão do fechamento de mina é relativamente nova no Brasil, sendo um aspecto importante na extração mineral, marcando o fim das atividades e o começo de mais uma etapa que envolve uma série de ações que devem ser planejadas e coordenadas durante a vida útil da mina.

A criação do Plano Ambiental de Fechamento de Mina - PAFEM auxiliou as mineradoras na idealização da recuperação das áreas degradadas. Porém muitas empresas ainda não utilizam o PAFEM gradualmente durante as atividades da mina, tendo a preocupação com o fechamento e recuperação somente após a desativação da mesma.

Este trabalho tem por objetivo propor o Plano de Fechamento da Mina Mato Grande visando a implementação futura pela empresa, de acordo com as diretrizes legais e normativas para fechamento de mina, cumprindo todas as etapas previstas no processo de fechamento.

Quanto aos objetivos específicos, são os seguintes:

- I- levantamento do histórico da área e do empreendimento;
- II- realização do diagnóstico da área e no contexto da empresa;
- III- classificação do tipo de fechamento;
- IV- estabelecimento do uso futuro;
- V- definição das medidas de desativação;
- VI- estimativa da análise de risco;
- VII- estabelecimento do plano de monitoramento e acompanhamento;
- VIII- criação de um cronograma físico.

A área de estudo pertence à empresa Dagoberto Barcellos S/A e situa-se na BR 392, Km 252,5 no distrito de Caieiras, interior do município de Caçapava do Sul (Figura 1) possuindo três cavas em atividade (Mato Grande, Corticeira e Mangueirão).

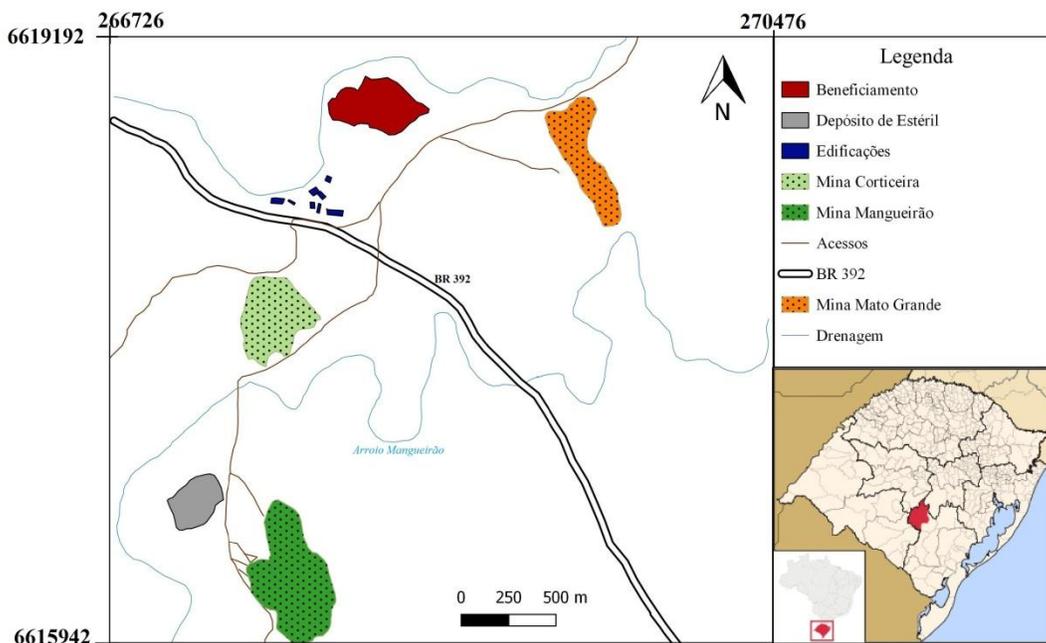


Figura 1. Mapa de situação e localização da mina no contexto da empresa de mineração.

## **2 Estado da Arte**

### ***2.1 Impacto Ambiental***

Como ressalta o artigo 1º da Resolução N° 001 CONAMA, de 23 de janeiro de 1986, é considerado impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: a população, as atividades sociais e/ou econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

O impacto ambiental é uma alteração no meio ambiente causada por ação humana, então esta alteração pode ser tanto benéfica ou adversa e isso deverá ser considerado quando se prepara um estudo sobre estes impactos (SÁNCHEZ, 2008).

### ***2.2 Impacto Socioeconômico***

O parágrafo I, do artigo 6º, da Resolução N° 001 CONAMA, de 23 de janeiro de 1986, considera:

Meio socioeconômico: o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

A mineração é taxada por gerar impactos negativos, mas é importante lembrar que esta atividade gera inúmeros benefícios, como por exemplo: criação de empregos, benefícios sociais, geração de receita para o poder público e melhoria da infraestrutura da região.

### ***2.3 Plano de Fechamento de Mina***

O plano de fechamento é um documento que apresenta os objetivos do fechamento, os agentes interessados, as medidas a serem tomadas para atingir as metas de fechamento e ainda propõe um uso futuro para a área degradada.

O adequado planejamento para o fechamento pode proteger acionistas, governos, fornecedores, comunidades locais e as gerações futuras dos impactos socioeconômicos do fechamento, assim como reduzir o passivo ambiental, recuperar ambientes degradados e resultar em um balanço positivo para a região onde a mina se insere.

Sánchez (2013) elaborou as diretrizes de fechamento para servir como um guia aos profissionais da mineração, a fim de facilitar a inserção das questões pertinentes ao fechamento de mina desde o planejamento até o fim das operações. As diretrizes são divididas em sete tópicos e apresentam boas práticas para o auxílio no melhor planejamento do fechamento de mina; e estão dispostas da seguinte maneira:

I- o planejamento do fechamento deve começar desde a concepção do projeto de uma nova mina;

- II- a empresa deve planejar o fechamento;
- III- o planejamento do fechamento deve envolver as partes interessadas externas e internas;
- IV- os resultados do planejamento devem ser registrados em planos de fechamento e outros documentos correlatos;
- V- a empresa deve estimar todos os custos associados ao fechamento de uma mina;
- VI- a empresa deve acompanhar o desenvolvimento socioeconômico local;
- VII- o plano de fechamento deve ser atualizado sempre que houver modificações substanciais no projeto ou nas condições do entorno.

Algumas mineradoras dispõem de planos de fechamento de mina, como exemplo, temos a Votorantim Metais que, desde 2006, dispõe de diretrizes para o fechamento de mina. De acordo com estas diretrizes um plano conceitual deve atender as seguintes etapas (SÁNCHEZ, 2013):

- I- histórico da área e do empreendimento: o histórico deve conter ordem cronológica do empreendimento e as características da área antes da implantação da mina;
- II- diagnóstico: descrição da situação atual do empreendimento;
- III- uso futuro: apresentando alternativas de uso futuro para área;
- IV- expectativa da comunidade: descrição dos impactos socioeconômicos causados pelo fechamento do empreendimento;
- V- medidas de desativação: descrição das medidas necessárias para atingi os objetivos propostos para o uso futuro;
- VI- análise de risco: identificação de riscos à saúde, riscos ecológicos e riscos de segurança;
- VII- monitoramento e acompanhamento: descreve o programa de monitoramento;
- VIII- cronograma físico: estima o período de implantação previsto para cada fase ou etapa do fechamento com suas respectivas atividades específicas.

#### ***2.4 Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas***

Área degradada é uma determinada região que sofreu impactos ambientais negativos e que não pode retornar naturalmente à forma antes conhecida ou para uma forma semelhante.

O Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas- PRAD é um documento que propõe medidas que assegurem a proteção das áreas degradadas ou alteradas devendo dar enfoque à proteção e conservação do solo e dos recursos hídricos. O embasamento teórico precisa contemplar as variáveis ambientais e seu funcionamento similar ao dos ecossistemas da região (BRASIL, 2011).

Conforme o artigo 18 da instrução normativa N° 4 IBAMA, de 13 de abril de 2011, os objetivos propostos no PRAD devem ser alcançados e caso isso não aconteça será desconsiderada a efetiva recuperação da área degradada ou alterada, propiciando a reavaliação do projeto e ações técnicas pertinentes (BRASIL, 2011).

As quatro variantes da recuperação ambiental (Figura 2) são:

- I- restauração: Retorno as condições existentes antes da degradação;

- II- reabilitação: Habilita a área para uma nova forma de uso, adaptada ao ambiente reabilitado;
- III- remediação: Recuperação de áreas contaminadas;
- IV- revitalização: Aplicada a ambientes urbanos degradados.

A área de estudo não apresenta nenhum tipo de contaminação e não é localizada em área urbana, então não se enquadra nas variantes de remediação e/ou revitalização.

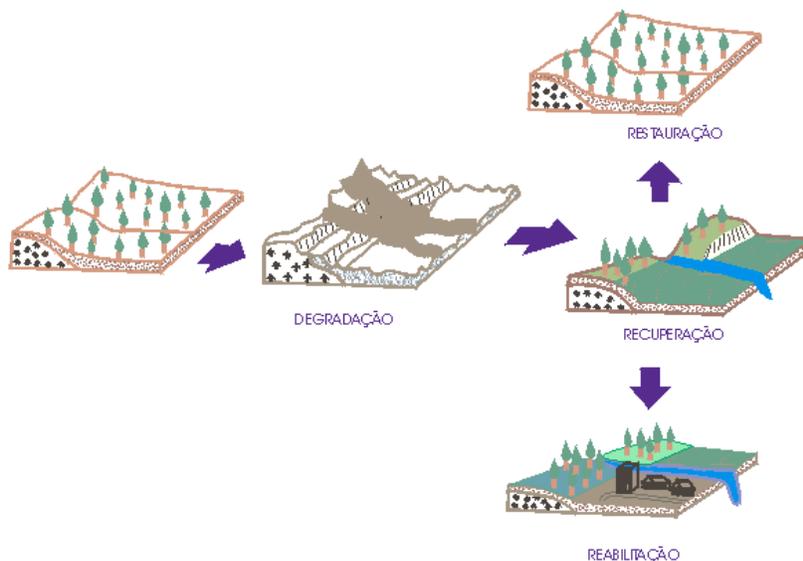


Figura 2. Variantes da recuperação ambiental que podem ser utilizadas na área de estudo.

(modificado de Bitar & Braga 1995)

## 2.4 Fechamento de Mina

Fechamento é o momento que marca o término ou encerramento das atividades de uma mina. O fechamento de uma mina é programado quando o encerramento de suas atividades de produção mineral cumpre com o estipulado no plano de fechamento. Quando o encerramento ocorre antes do previsto no plano de fechamento é denominado de fechamento prematuro, usualmente precedido por uma etapa de suspensão temporária, que pode resultar na retomada da produção ou no fechamento definitivo (SÁNCHEZ, 2013).

Conforme Norma Reguladora de Mineração, NRM – 20 do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, para o fechamento de mina, após comunicação prévia, é obrigatório o encaminhamento de um requerimento justificativo ao Ministério de Minas e Energia, o mesmo deve ser acompanhado de instrumentos comprobatórios nos quais constem:

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

- IV- atualização de todos os levantamentos topográficos da mina;
- V- 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;
- VI- programa de acompanhamento e monitoramento relativo à: sistemas de disposição e de contenção, taludes em geral, comportamento do lençol freático e drenagem das águas;
- VII- plano de controle da poluição do solo, atmosfera e recursos hídricos;
- VIII- plano de controle de lançamento de efluentes;
- IX- medidas para impedir o acesso à mina de pessoas estranhas e interditar com barreiras os acessos às áreas perigosas;
- X- definição dos impactos ambientais nas áreas de influência do empreendimento levando em consideração os meios físico, biótico e antrópico;
- XI- aptidão e intenção de uso futuro da área;
- XII- conformação topográfica e paisagística levando em consideração aspectos sobre a estabilidade, controle de erosões e drenagens;
- XIII- relatório das condições de saúde ocupacional dos trabalhadores durante a vida útil da mina.
- XIV- cronograma físico e financeiro das atividades propostas.

A fase de encerramento é muito importante na vida da mina e tem por objetivo eliminar o passivo ambiental em todos os seus aspectos. As fases do processo de fechamento são: desativação, reabilitação ou recuperação, monitoramento e manutenção e pós-fechamento.

#### *2.4.1 Desativação*

A desativação de um empreendimento mineiro é o processo de encerramento das atividades de lavra por razões diversas, em virtude do esgotamento ou exaustão da reserva mineral ou devido a outras razões que impossibilitem a continuação da lavra desta área (DOS REIS & BARRETO, 2001).

A fase de desativação também é referida como “descomissionamento” e tem início pouco antes do término da produção mineral e se conclui com a remoção de todas as instalações desnecessárias e a implantação de medidas que garantam a segurança e a estabilidade da área, incluindo a recuperação ambiental e programas sociais (SÁNCHEZ, 2013).

#### *2.4.2 Recuperação Ambiental*

Segundo Brum (2000), a recuperação de uma determinada área degradada 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. Para que seja possível obter-se novo uso da área, é necessário que ela apresente condições de estabilidade física e química. No caso do empreendimento mineiro, a participação do homem deve iniciar ao se planejar a mina e finalizar quando as relações ambientais estiverem em equilíbrio e em condições de sustentabilidade.

Não há como propor práticas de recuperação genéricas e critérios comuns a todas as minas. Para cada caso deve ser elaborada uma lista de pontos a se considerar no processo de

recuperação que será de extrema importância no plano de fechamento e servirá de base para o custo de cada etapa do empreendimento mineiro (FLÔRES & DE LIMA, 2012).

#### *2.4.3 Monitoramento e manutenção*

O termo manutenção implica nos cuidados necessários para manter a área em condições para o uso posterior, por meio de monitoramentos durante um determinado período de tempo.

O monitoramento é realizado através de inspeções periódicas e visa manter as condições necessárias ao cumprimento dos objetivos preestabelecidos no plano de fechamento. Caso os resultados sejam insatisfatórios a área degradada deve ser reavaliada e as medidas reformuladas (BITAR, 1997).

Um programa de monitoramento envolve a estabilidade da condição ambiental de uma área degradada e visa à verificação e alcance das condições esperadas e uso futuro (DE OLIVEIRA JUNIOR, 2001).

#### *2.4.4. Pós-fechamento*

O pós- fechamento inicia quando a área está pronta para o uso previamente definido. O processo de fechamento será encerrado quando houver emissão do certificado por parte dos órgãos ambientais atestando que a região foi fechada e liberando a mineradora das responsabilidades provenientes de danos ambientais que venham a atingir a localidade no futuro (FLÔRES & DE LIMA, 2012).

### **3 Metodologia adotada no trabalho**

A metodologia adotada está de acordo com as diretrizes de fechamento e é baseada no padrão gerencial estabelecido pela empresa Votorantim Metais, conforme citado no estado de arte.

As etapas da metodologia são as seguintes:

- I- levantamento do histórico da área e do empreendimento;
- II- realização do diagnóstico da área e no contexto da empresa;
- III- classificação do tipo de fechamento;
- IV- estabelecimento do uso futuro;
- V- definição das medidas de desativação;
- VI- estimativa da análise de risco;
- VII- estabelecimento do plano de monitoramento e acompanhamento;
- VIII- criação de um cronograma físico.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Histórico da Área de Estudo e do Empreendimento

A mina Mato Grande abrange dois processos da DNPM: DNPM N° 811.029/1970 possuindo uma área total de 68,53 ha e DNPM N° 810.497/1999 possuindo uma área de 19,76 ha (Figura 3).

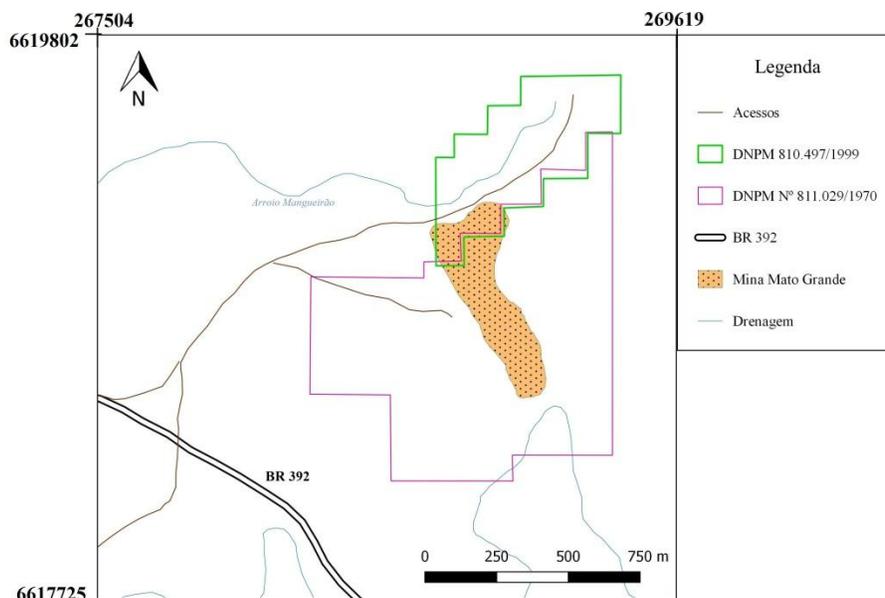


Figura 3. Processos da DNPM que abrangem a mina Mato Grande.

A atividade de mineração desenvolvida em Caçapava do Sul está voltada basicamente extração de mármore dolomítico que comercialmente é denominado calcário.

A mina Mato Grande iniciou suas atividades pela Portaria de Lavra N° 268 em março de 1980. O objetivo da criação da mina foi suprir uma necessidade do mercado através da extração, beneficiamento e venda de calcário que possuísse um maior Poder de Neutralização (PN).

A Lavra era feita a céu aberto com bancadas de altura em torno de 6m e inclinação média dos taludes em 70° (Figura 4). O estéril era removido e levado a bota-foras localizados a sudoeste das frentes de lavra, em locais onde não havia presença de mármore. O calcário desmontado era carregado e transportado até a britagem primária localizada a 200m sudoeste. A sua produção média era de 35.000 toneladas/ano. O produto constituía-se por: óxido de cálcio (25-30%), óxido de magnésio (13-18%) e insolúveis (15-17%). O produto beneficiado apresentava um poder de neutralização em torno de 95.5%.

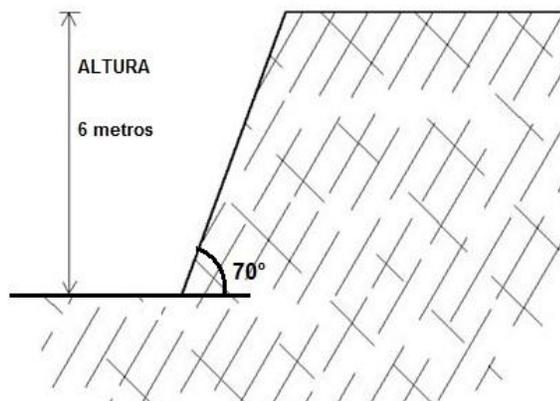


Figura 4. Esquema atual de talude da mina Mato Grande.

A partir de 2008, a Mato Grande começou a enfrentar problemas devido à má disposição do estéril que acabou sofrendo um deslizamento para o interior da cava inviabilizando a continuidade da lavra devido grande relação estéril/minério, então optou-se por abandonar a extração na área (Figura 5).

Em 2015 houve a retomada das atividades com aprofundamento do piso (Figura 5), na direção norte, devendo este ser concluído até o fim de 2016. Posteriormente, os trabalhos deverão seguir no decapeamento e avanço da porção leste. O principal material extraído é ROM para produção de cal, onde em 2015 foram lavradas cerca de 81.000 toneladas.



Figura 5. Mina Mato Grande durante suspensão temporária (esquerda) e Mina Mato Grande depois de retomada das atividades (direita)

A cal vendida como produto final tem valor de mercado que pode chegar até dez vezes o valor do calcário corretivo de solo. Conseqüentemente, a matéria prima para sua fabricação deve ter teores de carbonato de cálcio e magnésio maiores do que os empregados na fabricação

de calcário, com valores de PN > 100% de acordo com pesquisas recentes efetuadas pela empresa, sendo este o motivo para a importância e a viabilidade da exploração desta mina.

Os trabalhos de pesquisa ainda estão em andamento, mas já se pode prever uma vida útil em torno de dez anos.

#### **4.2 Diagnóstico da área de estudo**

O planejamento ambiental necessita interpretar o meio em relação a sua composição, estrutura, processo e função. O planejamento deve abordar temas pertinentes ao contexto regional, a fim de adequar os planos de recuperação ambiental a realidade local.

##### *4.2.1 Geologia*

Em Caçapava do Sul a Formação Vacacaí aflora circundando a suíte granítica de Caçapava, numa faixa alongada de direção N-S que varia de largura no lado oeste do mesmo, já que na parte sul e norte do depósitos xistos têm uma maior área de afloramento. A Formação Vacacaí é representada por filitos, quartzitos, xistos verdes e pequenas lentes de calcário (BOCCHI, 1970).

Segundo Ribeiro *et al.* (1966), na zona próxima ao contato com o granito as estruturas bandeadas apresentam crenulações e fraturas impostas pela intrusão massa granítica. Calcários e margas são representados por mármore, calcários a grão fino preservando o bandeamento original da deposição, silicatos de cálcio e magnésio e anfibolitos.

A suíte granítica de Caçapava é designado como Granito Caçapava, à composição das rochas varia de sienograníticas a granodioríticas, sendo totalmente envolvido por rochas metassedimentares e metavulcânicas da Formação Vacacaí. Os calcários são situados na borda leste do Granito Caçapava, sendo afetados pelo metamorfismo de contato desenvolvendo associações mineralógicas características (RIBEIRO *et al.*, 1966).

Na cidade de Caçapava do Sul encontra-se uma extensa área de calcário aflorante que pertence a Sequência Passo Feio (Figura 6), e está disposto em lentes que apresentam direção dominante N10°E e possuem a maioria dos contatos com as encaixantes determinados por falhas de direção NE e NW (HOLZ & DE ROS, 2000).

O Complexo Passo Feio compreende uma sequência vulcanosedimentar que é constituída por ardósias, filitos, xistos pelíticos, xistos graníticos, calcários, quartzitos, metaconglomerados, rochas calcossilicatadas, anfibolitos, metabasaltos subordinados e xistos magnesianos (DOS REIS, 2013).

A região N-S da jazida constitui-se de uma lente de calcário de direção norte-sul e mergulho variando de 20° a 30° para leste. A rocha apresenta cor predominante branca a cinza clara, ocorrendo também em certos locais bandas centimétricas de minerais silicatados de cor verde clara (OBERTO, 2005).

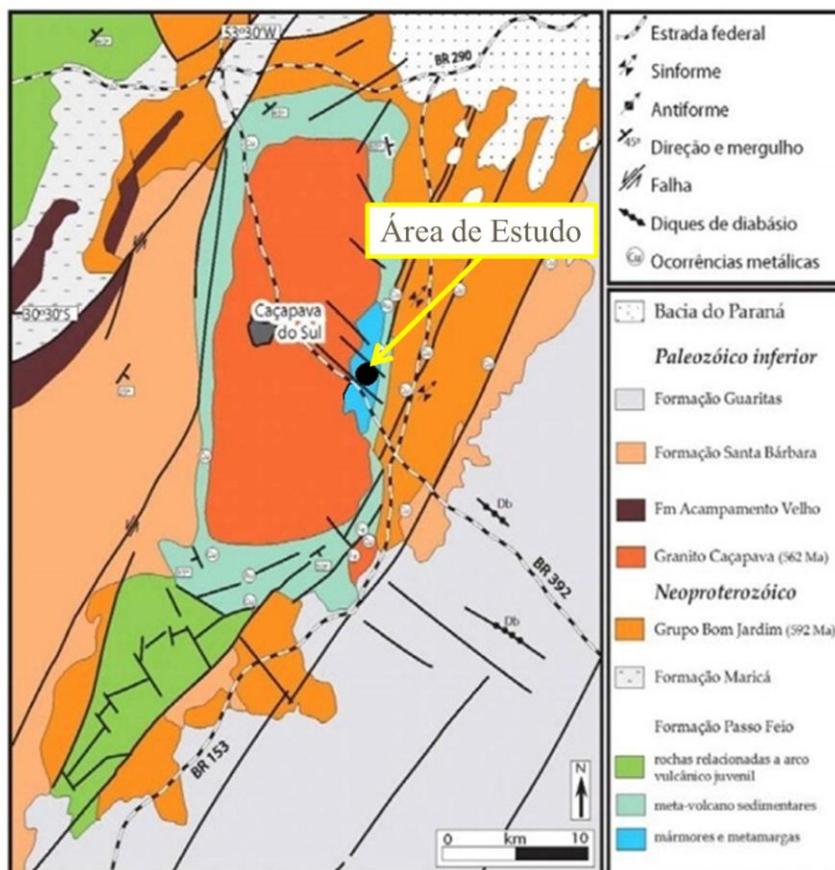


Figura 6. Mapa Geológico da Região (Dos Reis, 2013; modificado de Remus et al., 2000).

#### 4.2.2. Impactos Cumulativos e medidas mitigadoras adotadas

A empresa já implantou algumas medidas de mitigação durante a vida útil da mina, a fim de minimizar os impactos cumulativos durante a sua atividade (Figura 7), na tabela abaixo se encontram os principais impactos cumulativos seguidos das medidas já adotadas:

Tabela 1. Impactos Cumulativos X Medidas Mitigadoras

Impactos Cumulativos	Medidas Mitigadoras
Alteração dos recursos hídricos	Implantação de caixas de sedimentação.
Desmatamento e supressão vegetal	Reflorestamento das partes norte e nordeste da mina, com plantio de mudas de árvores nativas e eucaliptos.
Excesso de pó	Implantação de cortinas vegetais.
Instabilidade dos taludes e riscos de acidentes	Reconfiguração dos taludes que estavam em processo de erosão, a fim de aumentar a estabilidade e evitar acidentes.
Instabilidade nas pilhas de estéril	Projetos para adoção de valetas de drenagem na área.



*Figura 7. Parte oeste reflorestada (esquerda) e Taludes reconfigurados (direita).*

A recuperação executada simultaneamente à mineração agrega a recuperação ao cotidiano e não restringe ao final do empreendimento, evitando grande parte dos custos causados por efeitos cumulativos dos impactos ocasionados durante a lavra.

#### *4.2.3. Impactos socioeconômicos na comunidade*

O impacto socioeconômico quando do encerramento da mina será pequeno. Não haverá demissões, pois os trabalhadores dessa mina foram remanejados de outras áreas da empresa. O impacto será negativo no ponto em que ocorrerá diminuição da matéria prima de qualidade para emprego em produtos finais com maior valor agregado e isto pode afetar o mercado consumidor.

#### **4.3. Uso Futuro**

A área já é pertencente à empresa, portanto não haverá descomissionamento. Os objetivos da empresa para uso futuro deixam sem uso futuro econômico, mas com recuperação para manter a sustentabilidade e qualidade ambiental da área no contexto geral.

Devido ao alto custo com remoção de estéril que é aproximadamente 30% das despesas, indica que grande quantidade de material poderá ser reutilizada para a conformação topográfica da área.

A empresa deverá manter revegetadas as faces dos taludes expostas à intempérie de forma a evitar a erosão e o carreamento de sedimentos para os córregos e arroios que cortam o empreendimento.

#### 4.4 Classificação do Tipo de Fechamento

A empresa passou por uma fase de suspensão temporária de 2008 a 2015, de ordem técnica. O fechamento prematuro (Figura 8) seria o próximo passo, porém devido a novos estudos realizados foi decidida a retomada da lavra nas porções leste da cava e o aprofundamento do piso.

Os estudos realizados tem o planejamento da lavra para os próximos quatro anos, porém existe uma projeção de vida útil em torno de dez anos. Caso a mineração siga o planejado pela empresa terá um fechamento programado, pois ocorrerá de acordo com o plano de fechamento.

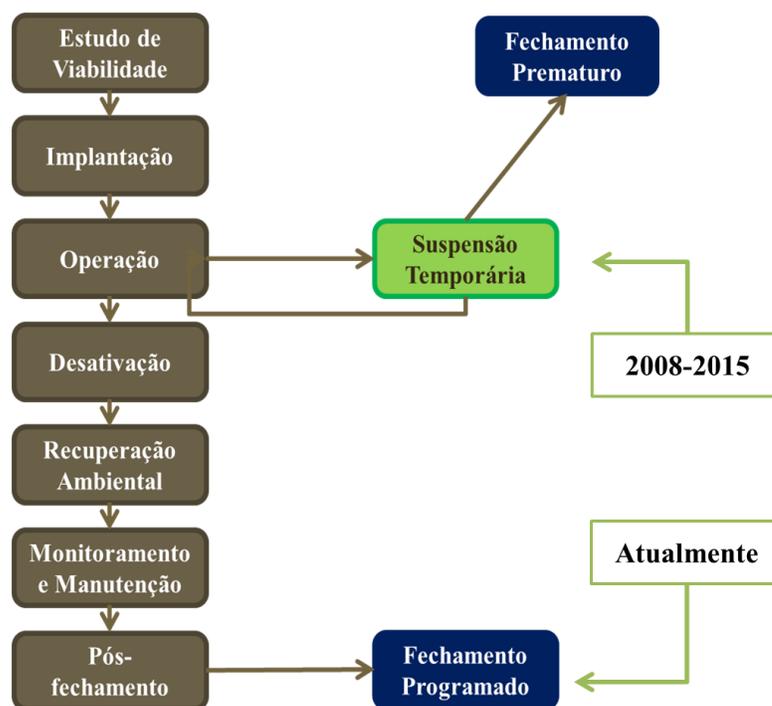


Figura 8. Fluxograma do processo de fechamento da mina Mato Grande.

#### 4.5. Medidas de Desativação

As medidas de desativação visam auxiliar no fechamento sustentável da mina, com aplicação de etapas pré-determinadas que guiam o encerramento.

O plano de fechamento proposto possui as seguintes etapas:

- remediação de solos e águas contaminados;
- estabilização dos taludes;
- preenchimento das escavações;
- reflorestamento.

##### 4.5.1. Remediação de Solos e Águas Contaminados

A empresa já conta com convênios com universidades as quais prestam o serviço de coleta e análise química da água das drenagens que cortam o empreendimento. Na Tabela 2 é

possível observar os valores de pH, Condutividade, Mg/L Cl<sup>-</sup>, Dureza, Alcalinidade Total, Arsênio e Selênio para os anos de 2013 e 2014, período no qual a mina Mato Grande estava inundada devido à suspensão temporária.

*Tabela 2. Análises químicas da água da mina Mato Grande.*

Coleta	pH	Condutividade (µS/cm)	Mg/L Cl <sup>-</sup>	Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Alcalinidade Total (Hidróxidos e Carbonatos)	Arsênio (µg/L)	Selênio (µg/L)
mai/13	8,35	544	8,81	312	135	-	-
ago/13	8,64	458	8,56	436	40	< 0,5	-
set/13	8,66	575	9,30	-	59	-	-
dez/13	8,90	607	39,14	-	75	1,313	-
fev/14	9,52	565	11,20	354	215	-	-
jul/14	7,14	-	11,17	420	64	1,7	0,3

Os valores encontrados mostram águas residuais de caráter alcalino e de dureza significativa o que é compatível com os processos de lavras de calcário dolomítico. Nestas análises não foram detectados cobre, zinco, chumbo ou mercúrio, no entanto foram encontrados alguns elementos como arsênio e selênio, mas com valores dentro dos padrões de emissão da FEPAM (Valores máximos para arsênio: 0,05 mg/l e para selênio: 0,01 mg/l).

#### *4.5.2. Estabilização dos Taludes*

As bancadas ativas (em fase de extração de minério) poderão ter alturas de 10 m, com tolerância de 30% e inclinação de 75°.

As bancadas definitivamente inativas ou exauridas terão altura de 6 m e inclinação igual a 35° com a horizontal e com bermas de largura mínima de 4 m (Figura 9). Os valores utilizados para berma foram pré-estabelecidos pela FEPAM e a altura de talude por ser o padrão na empresa.

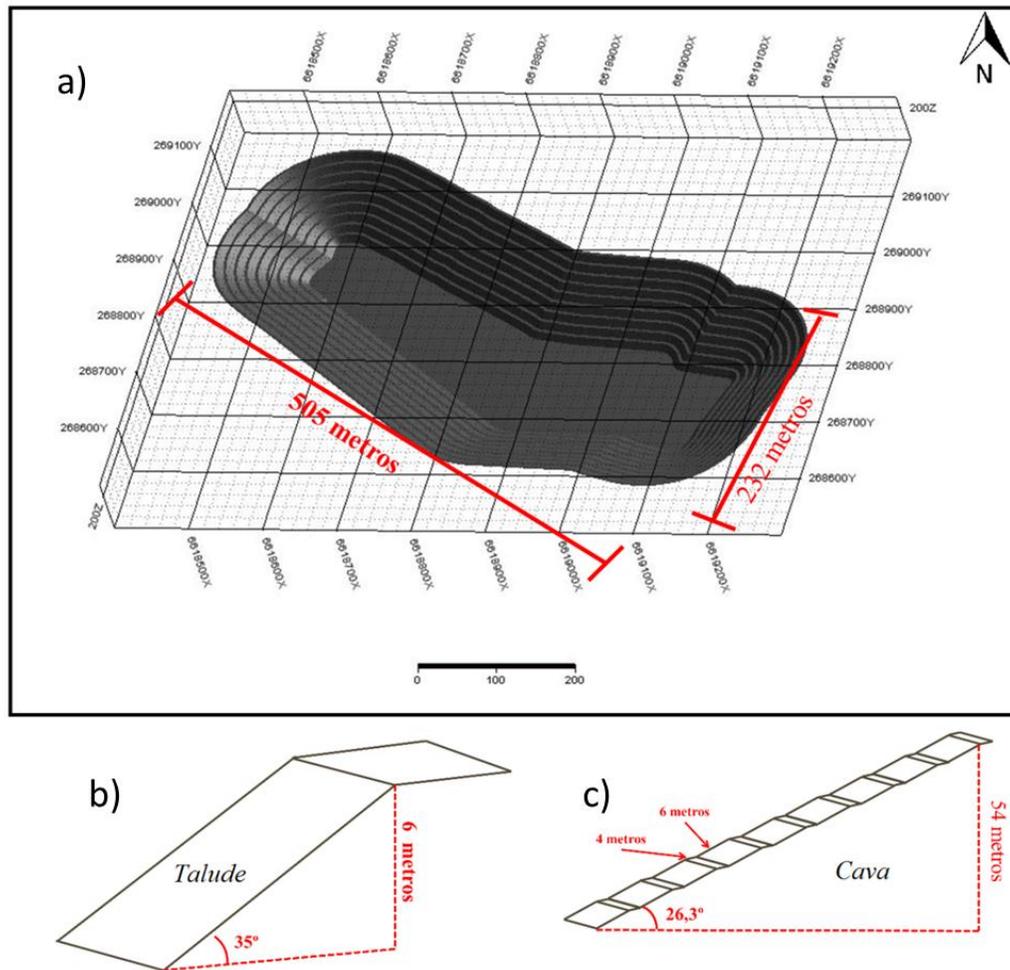


Figura 9. (a) projeção da configuração final da cava no software Micromine ® (b) esquema do talude final (c) ângulo final da cava projetada.

O solo é argiloso e apresenta grande quantidade de saibro, sendo suficientemente estável para suportar o baixo ângulo de talude, esse valor foi atribuído de acordo com o uso finais do solo que será reflorestamento (Figura 10).

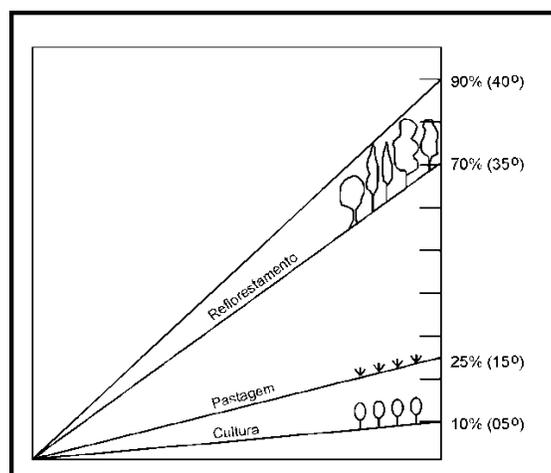


Figura 10. Inclinação recomendada para diversos usos finais do solo. (Williamson et al (1982) apud IBAMA (1990)).

#### 4.5.3. Preenchimento das Escavações

O preenchimento (Figura 11) da cava reconfigurada será feita em três partes distintas: camada de estéril, camada de drenagem e solo de cobertura (camada orgânica), após este processo será iniciado o reflorestamento do local com mudas nativas, conforme plano de reflorestamento. O estéril e a camada orgânica de solo são provenientes das três cavas da empresa, o material será armazenado em pilhas durante o decapeamento e a lavra. Outra alternativa ao estéril será o emprego dos resíduos gerados pelo processo de beneficiamento e dos fornos.



Figura 11. Perfil do preenchimento da mina Mato Grande

#### 4.5.4. Reflorestamento

Na tabela 3 estão dispostas as principais espécies nativas presentes na região:

Tabela 3. Espécies nativas da região

Nome	Nome Científico
Vassoura vermelha	<i>Dodonaea sp</i>
Pau Sabão	<i>Quillaja brasilienses</i>
Aroeira Periquita	<i>Schinus molle</i>
Fumo Bravo	<i>Solanum crianthum</i>
Vassoura Carqueja	<i>Baccaris spp</i>
Mamona	<i>Picinus comunis</i>
Capim-dos-Pampas	<i>Cortaderia selloana</i>
Macela	<i>Achyrocline satureoides</i>

O plantio compensatório se dará nos seguintes locais e nas quantidades indicadas, conforme solicitado pela FEPAM:

- I- margens do arroio Mangueirão e arroio do Salso: 1000 mudas nativas;
- II- taludes da área industrial: 200 mudas nativas;
- III- taludes de cava e cortinamento de cava: 1500 mudas nativas;
- IV- taludes de depósito de estéril: 300 mudas nativas;
- V- taludes finalizados (gramíneas 50 kg/cada uma): Brachiaria, Azevém, Milheto, Capim de Rhodes.

#### 4.6 Análise de Risco

Na tabela 4, foram listados os principais eventos perigosos passíveis de acontecer durante o processo de fechamento e a categoria na qual o mesmo se enquadra. As categorias abaixo foram criadas durante este trabalho e têm por critério os seguintes requisitos:

- baixo: de 0 (zero) a 2 (dois) incidentes no período de 12 meses;
- médio: de 2 (dois) a 10 (dez) incidentes no período de 12 meses;
- alto: acima de 10 (dez) incidentes no período de 12 meses.

A classificação condicionará a prioridade e periodicidade do monitoramento previsto.

*Tabela 4. Análise de risco na fase de fechamento.*

<b>Eventos Perigosos</b>	<b>Categoria de Risco</b>
Ataque por animais peçonhentos	Médio
Atropelamento de animais	Baixo
Afogamento de pessoas	Baixo
Derramamento/vazamento de óleos e graxas de veículos e equipamentos, durante transporte, abastecimento e/ou manutenção de veículos.	Médio
Derramamento/vazamento de produtos	Baixo
Erosão e/ou assoreamento das drenagens de águas pluviais	Baixo
Atropelamento de pessoas	Baixo
Desabamento de estruturas	Baixo

#### ***4.7. Monitoramento e Acompanhamento***

O monitoramento é a coleta sistemática e periódica de dados previamente selecionados, com o objetivo principal de verificar o atendimento a requisitos predeterminados.

Relatórios de monitoramento devem ser elaborados periodicamente e seus resultados analisados, visando possíveis ajustes e atualizações. O plano de monitoramento deve ser ajustado às mudanças pelas quais passam as medidas de recuperação ambiental, durante toda a vida útil da mina.

O plano de monitoramento contemplará as seguintes problemáticas, levando em consideração os períodos chuvosos (junho a setembro) conforme Tabela 5:



Reflorestamento dos Taludes									
Descompactação do solo									
Proteção da vegetação									
Análises químicas da água e solo									

## 5. Conclusões

Com a realização deste trabalho, chegou-se a criação de um Plano de Fechamento compatível com a situação da empresa, podendo enquadrar o tipo de fechamento existente e as medidas de desativação e monitoramento visando à recuperação da área lavrada.

Considera-se que os objetivos propostos no trabalho foram atingidos, sendo que a metodologia e as diretrizes adotadas se mostraram adequada ao projeto, ou seja, o plano de fechamento se adotado será de grande utilidade para empresa, principalmente se implantado durante a vida útil da mineração.

A utilização do plano de fechamento desde o início do empreendimento é muito vantajoso, pois o alinhamento dos objetivos do fechamento com projeto da mina permite que os custos de aplicação das medidas de desativação, incluindo os programas socioambientais sejam reduzidos evitando o aumento dos passivos ambientais.

A estimativa dos custos no plano de fechamento auxilia a empresa a programar o montante que será utilizado durante a desativação e possibilita que seja feita uma poupança durante a vida útil da mineração a fim de evitar o impacto negativo nas finanças da empresa durante este processo, então fica como sugestão para trabalhos posteriores a elaboração de um estudo detalhado dos custos com cronograma físico-financeiro do fechamento da Mina Mato Grande.

## 6. Agradecimentos

A esta faculdade e todo seu corpo docente, além da direção e administração que me proporcionaram as condições necessárias para que eu alcançasse meus objetivos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Raul Oliveira Neto, por todo o tempo que dedicou a me ajudar durante o processo de realização deste trabalho.

A minha família, por todo o amor que me deram, além da educação e ensinamentos.

Ao meu marido Giovani Carlo pelo apoio, carinho, paciência e ajuda em todos os momentos.

Ao colega e amigo Kaio Andretta, por confiar em mim e estar do meu lado em todos os momentos da vida, tornando-se parte da família.

Ao tecnólogo de minas Evandro Gomes, ao engenheiro ambiental e sanitarista Bruno Flores, à direção e aos colaboradores da empresa Dagoberto Barcellos, que tornaram possível a realização deste trabalho.

E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui, o meu muito obrigado!

## 7. Referências Bibliográficas

BITAR, O.Y., *Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo*. 1997. 184 pp. Tese de Doutorado- Departamento de Engenharia de Minas. Escola Politécnica, Universidade Federal de São Paulo. São Paulo (1997)

BOCCHI. P.B. *Geologia da folha de Caçapava do Sul/RS*. Rio de Janeiro: DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral, 1970

BRASIL., *Instrução Normativa N° 4 IBAMA*, 13 de abril de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, n 72, pp 100-103, 14 abr. 2011.

BRASIL., *Resolução N° 001 CONAMA*, 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial da União, Brasília, pp 2548 e 2549, 17 fev. 1986.

BRUM, I.S.A., *Recuperação de áreas degradadas pela mineração*. 2000. 22 pp. Monografia- Departamento de Hidráulica e Saneamento. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Bahia (2000)

CONSELHO INTERNACIONAL DE MINERAÇÃO E METAIS- ICMM., *Planejamento para o Fechamento integrado de Mina: Kit de ferramentas*. London, 2008.

CUNHA, M.F., *Análise do Estado da Arte do Fechamento de Mina em Minas Gerais*. 2007. 72 pp. Dissertação de Mestrado- Departamento de Engenharia de Minas. Escola Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto (2007)

Dagoberto Barcellos, **DB Histórico**. Disponível em: <<http://www.grupodb.com.br/historico.ph>>. Acesso em: 10 janeiro 2015.

DE OLIVEIRA JÚNIOR, J.B., *Desativação de empreendimentos mineiros: estratégias para diminuir o passivo ambiental*. 2001. 179 pp. Tese de Doutorado- Departamento de Engenharia de Minas. Escola Politécnica, Universidade São Paulo. São Paulo (2001)

DOS REIS . N.L.; BARRETO. M.L., *Desativação de Empreendimento Mineiro no Brasil*. São Paulo: Signus Editora, 2001.

DOS REIS, R.S., *Significado e controles da mineralização sulfeto-óxido nos mármores de Caçapava do Sul-RS*. 2013. Monografia- Instituto de Geociências- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (2013)

FLÔRES, J.C.C.; DE LIMA, H.M., *Fechamento de Mina: Aspectos técnicos, jurídicos e socioambientais*. Ouro Preto: UFOP, 2012.

HOLZ. M; DE ROS. L.F., editores. *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: UFRGS- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

Instituto Nacional de Meteorologia- INMET, **Estações Automáticas- Gráficos**. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/porta1/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/porta1/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf)>. Acesso em: 01 dezembro 2014.

NRM 20: Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das Operações Mineiras., *Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM*.

OBERTO. P.S. *Avaliação de Reserva de Calcário*. Caçapava do Sul: Dagoberto Barcellos, 2005.

RIBEIRO. M.; BOCCHI. P.B.; FIGUEIREDO. P.M. *Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul/RS*. Rio de Janeiro: DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral, 1966

SÁNCHEZ, L.E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SÁNCHEZ, L.E.; SILVA-SÁNCHEZ, S.S.; NERI, A.C., *Guia para o Planejamento do Fechamento de Mina*. Brasília: IBRAM: Instituto Brasileiro de Mineração, 2013.