



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS E MEIO AMBIENTE**

THIAGO MARQUES DE ALMEIDA

**ABORDAGEM DOS MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO**

**MARABÁ
2010**

THIAGO MARQUES DE ALMEIDA

**ABORDAGEM DOS MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Engenharia de Minas e Meio
Ambiente da Universidade Federal
do Pará – UFPA, em cumprimento
às exigências para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia
de Minas e Meio Ambiente.
Orientador: Prof. Dr. Sílvio Bispo
do Vale

**MARABÁ
2010**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca II do CAMAR/UFPA, Marabá, PA

Almeida, Thiago Marques de

Abordagem dos métodos de recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração / Thiago Marques de Almeida ; orientador, Sílvio Bispo do Vale. — 2010.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Marabá, Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente, Marabá, 2010.

1. Minas e recursos minerais - Aspectos ambientais. 2. Revegetação. 3. Recuperação de terra. 4. Degradação ambiental. I. Vale, Sílvio Bispo do, orient. II. Título.

CDD: 21. ed.: 363.7

THIAGO MARQUES DE ALMEIDA

ABORDAGEM DOS MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Engenharia de Minas e Meio
Ambiente da Universidade Federal
do Pará – UFPA, em cumprimento
às exigências para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia
de Minas e Meio Ambiente.

Data de Aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. Sílvio Bispo do Vale – Orientador
Doutor em Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Pará

Prof. Raul Nunes Carvalho Júnior– Membro
Doutor em Engenharia de Alimentos
Universidade Federal do Pará

Prof. Alacid do Socorro S. Neves– Membro
Mestre em Engenharia Química
Universidade Federal do Pará

A minha família e aos
meus verdadeiros amigos e professores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido os dons da vida e do conhecimento e por ter me abençoado ao longo de todo o meu caminho.

Aos meus pais, Tobias e Gerlane, a minha irmã Tiana e a minha namorada Ailyme, por todo amor, incentivo, paciência e companheirismo.

Ao meu sempre amigo, mestre e professor, Dr. Sílvio Bispo do Vale, pela orientação neste Trabalho e em tantos outros e por ter me apresentado o mundo da pesquisa científica.

A todos os professores da Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente.

A UFPA pela oferta do Curso que passou a orientar minha vida profissional.

Aos amigos Juary Silveira e Diogo Menezes por todo apoio durante o Curso e ao amigo Maurício Penna pelos valiosos conselhos.

``Sozinhos vamos mais rápido,
mas juntos vamos mais longe.``
Durval Freitas

RESUMO

A recuperação das áreas degradadas pela mineração é uma importante forma de compensação ao meio ambiente em face dos danos causados pelas operações mineiras, principalmente lavra e beneficiamento mineral. Não existe a necessidade real de esperar-se o fim do empreendimento mineiro para o desenvolvimento das ações de recuperação de áreas degradadas, apesar de ser muito comum o consórcio entre o Plano de Recuperação de áreas Degradadas (PRAD) e o plano de fechamento de mina, consolidando a recuperação ambiental como a última fase, mas não menos importante, do projeto de mineração. A legislação ambiental brasileira aplicada à mineração apresenta a obrigatoriedade do planejamento e execução das ações que viabilizarão a nova destinação da área minerada, oportunizando assim o completo exercício da função social da mineração e a materialização do conceito de desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chave: Mineração. Áreas Degradadas. Recuperação Ambiental. Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

The recovery of areas degraded by mining is an important form of compensation to the environment in the face of damage caused by mining operations, mainly mining and mineral processing industries. There is a real need to wait to the end of the mining enterprise in the development of actions for recovery of degraded areas, despite being very common among the consortium Plan Recovery of Degraded Areas (PRAD) and mine closure plan, consolidating environmental recovery as the last phase, but not least, the mining project. Brazilian environmental legislation applied to mining presents a requirement of the planning and implementation of initiatives that will enable the new destination of the mined area, thus creating the opportunity for the full exercise of mining and the social function of translating the concept of sustainable development.

Keywords: Mining. Degraded Areas. Environmental Recovery. Sustainable Development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Aumento do nível de impactos ambientais do projeto de mineração	18
Figura 02 - <i>Open pit mining</i> em Fort Knox, Alaska, Kinross Gold Corporation	28
Figura 03 - Lavra em tiras em mina de carvão da Copelmi Mineração, Butiá, RS	28
Figura 04 - Lavra de rochas ornamentais em matacões, RS.	29
Figura 05 – Aspecto da área degradada pelo garimpo de São João da Chapada, MG	30
Figura 06 – Área de antiga mina de carvão na região de Butiá, RS	31
Figura 07 – Panorama genérico de técnicas empregadas na recuperação ambiental	40
Figura 08 – Esquema conceitual de recuperação de áreas degradadas	41
Figura 09 – Exemplos de áreas revegetadas	47
Figura 10 - Recuperação de áreas degradadas pela mineração e usos possíveis	54
Figura 11 – Casos de nova destinação de áreas degradadas pela mineração	55

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
OBJETIVOS	12
CAPÍTULO 01 A QUESTÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO	14
1.1. A RELAÇÃO MINERAÇÃO – MEIO AMBIENTE	16
1.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DAS OPERAÇÕES MINEIRAS	20
1.3 ASPECTOS AMBIENTAIS DO FECHAMENTO DE MINA	24
1.4 DESAFIOS DA RELAÇÃO MINERAÇÃO – MEIO AMBIENTE	25
CAPÍTULO 02 RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO	29
2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS E SUA RECUPERAÇÃO: DEFINIÇÕES	29
2.2 ESTRATÉGIAS GERAIS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL	35
2.3 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO	43
2.3.1 PRINCIPAIS MEDIDAS MITIGADORAS	46
2.4 DESATIVAÇÃO DE MINA	49
2.5 NOVA UTILIZAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	55
CAPÍTULO 03 ASPECTOS LEGAIS DA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO	59
3.1 APRESENTAÇÃO DOS DISPOSITIVOS LEGAIS	59
3.2 PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: GENERALIDADES	61
CONCLUSÃO	64
DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

INTRODUÇÃO

A mineração, representada pelos produtos por ela gerados, está presente no cotidiano da sociedade de forma relevante e praticamente indispensável ^[1]. Entretanto, é necessário atentar para o fato de que a mineração, como qualquer atividade humana, interfere no meio ambiente ao se apropriar dos recursos naturais. Um desbalanceamento de um desses fatores (mineração e meio ambiente) põe em risco o próprio conceito de desenvolvimento sustentável ^[2].

A atividade mineira é essencial ao bem-estar social, ao passo que disponibiliza os recursos naturais ao suprimento das necessidades humanas. A potencialidade de transformação ambiental causada pela mineração é evidente, fato que obriga a formulação de ações capazes de minimizar os impactos ambientais decorrentes das operações de pesquisa, lavra e beneficiamento mineral.

Em 1989, o Decreto Federal nº 97.632 definiu, em seu artigo 1º, que os empreendimentos que se destinam à exploração dos recursos minerais deverão submeter seus projetos à aprovação dos órgãos federais, estaduais e municipais competentes deverão executar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o Relatório de Impacto Ambiental, bem como o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) ^[3].

A regulamentação legal sobre as questões ambientais na mineração no Brasil, embora tardia, trouxe o desenvolvimento de um arcabouço legal formulado com vistas a tratar a questão ambiental de forma sistêmica e a garantir a continuidade do desempenho da função social da mineração para com a comunidade, mesmo após o término do empreendimento.

Para que seja possível obter-se novo uso da área (mineradas anteriormente), é necessário que ela apresente condições de estabilidade física e estabilidade química. Dependendo do uso pós-mineração, pode-se adicionar os requisitos de estabilidade geológica. No caso do empreendimento mineiro, a participação do homem deve iniciar ao se planejar a mina e finalizar quando as relações fauna, flora e solo estiverem em equilíbrio e em condições de sustentabilidade ^[1].

O capítulo 01 trata dos aspectos relevantes da relação entre a mineração e o meio ambiente, estando a abordagem centrada ainda nos impactos ambientais das operações mineiras e nos aspectos ambientais do fechamento de mina. O capítulo 02 abrange as técnicas de recuperação ambiental para os impactos causados pela mineração, bem como das

principais medidas mitigadoras dos mesmos. E consolidando a abordagem estabelecida, o capítulo 03 trata dos aspectos legais da recuperação ambiental na mineração

Ao final, são apresentadas a conclusão deste trabalho e a proposição para o desenvolvimentos de trabalhos futuros, considerando as demandas e tendências que permeiam a relação da mineração com o meio ambiente.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é estudar a recuperação das áreas degradadas pela mineração, em seus aspectos gerais, notadamente, a lógica da degradação ambiental e o impulsionamento e metodologias de reabilitação das áreas mineradas, com o objetivo principal de demonstrar que a relação entre a mineração e o meio ambiente pode e deve ser permeada pela sustentabilidade.

Paralelamente, os objetivos específicos do presente trabalho são a especificação das medidas de controle para os impactos ambientais em determinada área minerada a partir do detalhamento desses impactos, bem como a abordagem a cerca dos desafios que permeiam a relação entre a mineração e o meio ambiente. Ampliar o conhecimento a cerca da legislação sobre a recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração também integram a lista dos objetivos específicos deste trabalho.

CAPÍTULO 01 A QUESTÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO

Não é possível conceber a mineração separadamente da questão ambiental que é tão inerente à atividade mineira como o são as operações de lavra e tratamento de minérios, por exemplo. Esta associação (mineração e meio ambiente) é tão forte no setor mineral que o próprio projeto mineiro do empreendimento identifica os danos ambientais por ele causados em cada uma de suas etapas e determina as ações de monitoramento e controle desses impactos, com o intuito de garantir o desenvolvimento sustentável da mineração.

O presente capítulo aborda estes detalhes que permeiam a relação existente entre a mineração e o meio ambiente, direcionando seu foco para a discretização dos impactos ambientais causados pelas operações integrantes do projeto de mineração, abordando inclusive os aspectos elementares do fechamento de mina nele propostos. Finalmente, a abordagem consolida-se com a discussão a cerca dos desafios do inter-relacionamento entre a mineração e suas questões ambientais.

1.1. A RELAÇÃO MINERAÇÃO – MEIO AMBIENTE

O relatório da Comissão Bundtland, de 1967, (O Nosso Futuro Comum), define desenvolvimento sustentável como sendo a abordagem do progresso que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazer suas próprias necessidades. Depreendendo-se desse conceito que tal opção implica assegurar que a próxima geração herde um estoque de riquezas não inferior ao herdado pela geração que a precedeu, tanto no que se refere ao patrimônio construído pela mão do homem como ao patrimônio natural ^[2].

A partir da definição acima, o desenvolvimento sustentável traz em sua essência a preocupação do suprimento das diversas necessidades humanas ao longo do tempo, isto é, não contempla privações no presente pensando no futuro e não sacrifica o bem-estar futuro em detrimento da qualidade de vida no presente.

É necessário ressaltar que o crescimento econômico inclui e pressupõe o desenvolvimento e ampliação da atividade minerária para o atendimento às necessidades do homem e deve ser visto entrelaçado ao cuidado com o meio ambiente ^[2].

No comércio internacional de produtos, imperam as considerações para o desenvolvimento sustentável. Muitos consumidores, individuais ou coletivos, dão preferência

a compra de produtos naturais ou manufaturados que tenham sido obtidos com sustentabilidade, isto é, a partir de processos aceitáveis, de acordo com o ponto de vista ambiental. Inclusive têm sido registradas ameaças de boicote a produtos cuja matéria-prima ou processos de produção não possuam "selos verdes" de qualidade ambiental. Esses fatores têm influenciado consideravelmente na forma de ação das empresas de mineração. A conservação e o desenvolvimento sustentável, atualmente, ocupam lugar de destaque na política internacional. Nesse contexto, as considerações ecológicas tornam-se parte integrante das grandes decisões políticas, sociais e econômicas. As empresas empenhadas nesse processo possuem planos, a curto, médio e longo prazo, para obtenção de um desenvolvimento sustentado com grande consciência ecológica. Dessa forma, é possível atingir uma harmonia entre trabalho, seriedade, qualidade e meio ambiente, o que, com certeza, garantirá a viabilidade de projetos para um futuro pleno de sucesso ^[3].

A mineração é um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável. Várias atividades antrópicas vêm criando problemas ambientais, no uso do solo e subsolo, além das atividades de mineração, entre as quais se destacam: a urbanização desordenada, agricultura, pecuária, construção de barragens visando a geração de hidroeletricidade, uso não controlado de água subterrânea, dentre outras ^[4].

A mineração é uma atividade de natureza capitalista, amplamente necessária ao bem-estar do homem, no tocante ao atendimento às suas necessidades, das mais básicas às supérfluas. Não é possível pensar o desenvolvimento humano sem a disponibilização dos recursos advindos da mineração, bem como não é possível conceber a mineração dissociada da transformação ambiental que ocasiona.

Os impactos causados pela mineração, associados à competição pelo uso e ocupação do solo, geram conflitos sócio-ambientais pela falta de metodologias de intervenção, que reconheçam a pluralidade dos interesses envolvidos. Os conflitos gerados pela mineração, inclusive em várias regiões metropolitanas no Brasil, devido à expansão desordenada e sem controle dos loteamentos nas áreas limítrofes, exige uma constante evolução na condução dessa atividade para evitar situações de impasse ^[4].

É visível, sem grande esforço, um passivo ambiental seguramente muito significativo, embora ainda não dimensionado. mas de implicações extremamente graves, como é o caso representado pela contaminação de lençóis freáticos por arsênio, na área do porto da Icomi, no município de Santana (AP). Este problema ambiental hoje é atribuído aos rejeitos produzidos pela usina de pelotização de minério de manganês da Icomi, implantada na década de 1970 ^[5].

Existem exemplos notórios do potencial poluidor da mineração, o qual não é mais atualmente negado ou escondido pelos responsáveis pelos empreendimentos mineiros. Paralelamente, a recuperação das áreas desta forma degradadas, constitui-se numa alternativa efetiva de compensação ao meio ambiente diante dos danos causados.

Minerar é assegurar, economicamente, com mínima perturbação ambiental, justa remuneração e segurança, a máxima observância do princípio da conservação mineral a serviço do social ^[6].

De maneira geral, o efeito da mineração, considerado aqui desde a lavra até o tratamento do minério, faz-se sentir especialmente: sobre o meio físico e sobre a qualidade do meio. Sobre o meio físico ou sobre a fisiografia da região, efeitos visíveis, detectados a curto prazo, denominados de agudos e afetam: a paisagem (desaparecimento de morros; aterros de depressões, transformações, inclusive por assoreamento de drenagem); o solo (remoção, decapagem e aterro) e a vegetação (desflorestamento). E sobre a qualidade do meio, os efeitos não-visíveis, detectados a longo prazo são considerados crônicos e sentidos principalmente por: modificação na qualidade da água (efeito na qualidade de recursos hídricos); absorção ou assimilação (cutânea, respiratória ou digestiva) por animais: podem afetar organismos superiores (inclusive o homem); modificações da qualidade do ar (emissão de particulados); modificação do meio físico, inclusive trazendo efeitos a curto, médio e longo prazos sobre o clima local ^[7].

Os efeitos que a mineração imprime sobre o meio físico, sejam eles a longo, médio ou curto prazo, e perceptíveis de forma explícita ou não, demandam o seu monitoramento como forma de aquisição do conhecimento necessário para adoção das medidas de controle e recuperação ambiental

Os efeitos toxicológicos decorrentes da ingestão, por seres vivos, de altas concentrações de ferro (Fe) ainda são bastante escassos. Entretanto, sabe-se que o seu excesso pode ocasionar aumento na produção de radicais livres de oxigênio no organismo,

responsáveis por doenças degenerativas e pelo processo de envelhecimento. Comumente, nesses efluentes, prevalece o íon Fe^{2+} , que, por meio do consumo do oxigênio dissolvido no meio, oxida-se a Fe^{3+} . As consequências da baixa concentração de oxigênio dissolvido nas águas são mais sensíveis à ictiofauna, devido ao aumento do período de incubação dos ovos, reduzindo o tamanho e o vigor dos embriões, produzindo deformidade nos filhotes, formando coágulos no sangue, diminuindo a tolerância a certos agentes tóxicos e a velocidade de nado dos peixes ^[4].

O zinco (Zn), em níveis-traço, é um elemento essencial aos seres humanos, animais e vegetais superiores. Nos humanos e animais, esse elemento age como um componente catalítico e estrutural de numerosas enzimas envolvidas no metabolismo de energia, na transdução e na translação. Nesses organismos, a deficiência de zinco provoca depressão, lesões de pele e infertilidade. Por outro lado, o excesso de zinco pode acarretar a redução de cobre (Cu) no organismo, provocando o surgimento de dor muscular, anorexia, sangramento intestinal e anomalias cerebrais. A gravidade da poluição pelo Zn é acentuada pela possibilidade de sua associação com o cádmio (Cd), que não possui uma função biológica definida, mas é altamente tóxico às plantas e aos animais. A toxicidade dos metais Zn e, principalmente, Cd deve-se à sua capacidade de se combinarem com macromoléculas difusoras presentes nas membranas celulares, o que ocasiona os fenômenos de bioacumulação e de biomagnificação ao longo da cadeia alimentar. O zinco, embora seja essencial aos seres humanos, animais e vegetais superiores, quando em concentrações excessivas, torna-se nocivo aos organismos ^[4].

A presença, no organismo de seres vivos de diferentes espécies, de elementos químicos provenientes da poluição das operações e processos inerentes à mineração, faz menção aos riscos ambientais envolvidos na atividade e, mais do que isso, à necessidade do monitoramento e controle ambiental em todas as etapas do projeto de mineração impactantes ao meio.

O sentido da preocupação com os impactos ambientais causados pela mineração repousa sobre a possibilidade de danos aos organismos vivos de uma forma geral, fato que contribui, em vários níveis, para a diminuição da qualidade de vida presente e futura no planeta.

1.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DAS OPERAÇÕES MINEIRAS

O conceito de pequena, média ou grande mina depende do referencial adotado e varia conforme a região ou país. Minas consideradas de médio porte, em países desenvolvidos, podem ser consideradas de grande porte em países subdesenvolvidos. O valor da substância lavrada, as reservas, o grau de mecanização da mina, a tonelagem produzida, o número de empregados, o capital da empresa, dentre outros parâmetros, podem ser considerados nesta avaliação. Sobre esse aspecto, vale ressaltar o fato de que pequenas minerações tendem a impactar menos, viabilizam o aproveitamento de pequenas jazidas, além de servirem para fixar a mão de obra própria da região. Além disso, contribuem para a desconcentração de centros urbanos e favorecem o desenvolvimento da região em que estiver inserida ^[1].

O nível do impacto ambiental causado pela mineração sofre uma forte influência da escala de desenvolvimento da mesma, elemento que também tem uma relação direta com a capacidade de empreender métodos e técnicas de recuperação ambiental.

Objetivando uma contextualização do tema, é pertinente retomar que a etapa de pesquisa mineral visa o descobrimento, qualificação e quantificação da reserva, o desenvolvimento faz a preparação (inclusive de infra-estrutura) da jazida para a lavra, a qual objetiva propriamente a extração do recurso mineral e o beneficiamento contempla o conjunto de operações unitárias com vistas a promover a concentração da espécie mineral de interesse. Finalmente, quando termina a vida útil do empreendimento há o descomissionamento da mina, procedendo-se com as ações de reabilitação ambiental.

No caso da lavra a céu aberto, se por um lado esse tipo de lavra permite maior aproveitamento do corpo de minério, por outro produz maior quantidade de estéril, poeiras, ruídos e poluição das águas. O fato desses fatores serem melhor observados pode ser um ponto positivo para o seu controle. Porém este impacto visual pode acarretar conflitos com populações vizinhas ao empreendimento e com órgãos de fiscalização. A lavra subterrânea, quando bem executada, causa menor impacto ambiental, sendo que o material estéril e/ou os rejeitos da concentração podem ser utilizados como enchimento de galerias e escavações, minimizando possível passivo ambiental. Os efluentes líquidos, assim como ruídos, poeiras e vibrações provenientes da mineração estão, geralmente, confinados, o que torna o controle ambiental mais fácil; Na dragagem, há remoção de minérios do leito de rios, com a utilização de dragas. Nesse tipo de lavra, os principais impactos são a geração de sólidos suspensos, turbidez e presença de óleos na água. Finalmente, na mineração marinha, a extração de

minerais por meio de plataforma continental, com utilização de explosivos, com posterior sucção através de bombas e/ou equipamentos especiais, impacta o meio ^[8]

As etapas de beneficiamentos tendem a ser realizadas em sistemas fechados, com recirculação de água de processo e confinamento de rejeitos. Entretanto, a falta de controle de poeira, de ruídos, de reagentes, de águas de processo e estabilidade de barragens podem levar a sérios impactos ambientais ^[1].

No contexto descrito, a etapa de lavra começa a causar impactos ambientais significativos, dependentes do método de lavra adotado. Apesar das operações mineiras serem geralmente simultâneas durante a vida útil da mina, tratando-se tais operações em seqüência, nota-se que após a lavra, na etapa de processamento mineral, os impactos ambientais são amplamente relevantes, contribuindo para aumentar o potencial efetiva e/ou potencialmente poluidor do empreendimento mineiro.

Na mineração, o descomissionamento é parte das operações de lavra e beneficiamento e representa a minimização de resíduos sólidos e efluentes nocivos ao meio ambiente. Essa fase é identificada como o cessar das operações de lavra e a conseqüente paralisação das demais atividades, seguida da transformação do sítio mineiro em área útil à comunidade que a cerca. Tais atividades de desativação programada têm a função de colocar as obras e instalações resultantes em condições tais que possam ser removidas, vendidas ou, caso permaneçam na localidade, não ponham em risco a saúde e a segurança do público e do meio ambiente. A área recomposta não será como a de antes das atividades mineiras; mas pode, em certos casos, ser melhorada, conforme o referencial adotado e os interesses das comunidades da região ^[1].

A figura 01 traz a representação da associação entre as etapas de um projeto de mineração e o nível crescente dos possíveis impactos ambientais causados. Nota-se que à medida que o projeto se desenvolve o nível dos impactos e das transformações ambientais negativas e significativas aumenta.

A figura 01 também permite destacar que a etapa de recuperação ambiental faz parte do ciclo que compõe o projeto mineiro. De forma genérica, é tratada como sendo a última etapa do mesmo, contudo como o conjunto das etapas é cíclico, tal comportamento verifica-se também para a recuperação ambiental, mas é inegável o destaque e a intensidade de trabalhos que ganha quando do fechamento da mina, sendo esta sua fase mais intensa.



Figura 01 – Aumento do nível de impactos ambientais do projeto de mineração.

A partir da análise do ciclo das operações mineiras, verifica-se que a preocupação com os danos ambientais causados ao ecossistema estabelecido na área minerada é um elemento inerente do próprio projeto mineiro, elemento este materializado na etapa de descomissionamento, quando do fechamento da mina.

Alternativamente, os impactos ambientais da mineração no Brasil podem ser tratados de maneira definida a partir das frentes onde tais impactos encontram-se mais pronunciados.

No Brasil, os principais problemas oriundos da mineração podem ser englobados em quatro categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, e subsidência do terreno. Em geral, a mineração provoca um conjunto de efeitos não desejados que podem ser denominados de externalidades. Algumas dessas externalidades são: alterações ambientais, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis circunvizinhos, geração de áreas degradadas e transtornos ao tráfego urbano. Estas externalidades geram conflitos com a comunidade, que normalmente têm origem quando da implantação do empreendimento, pois o empreendedor não se informa sobre as expectativas, anseios e preocupações da comunidade que vive nas proximidades da empresa de mineração ^[4].

Não são apenas os grandes projetos de mineração, geralmente situados fora do perímetro urbano, que causam impactos ambientais, a mineração em áreas urbanas também os causa e em níveis acentuados.

Os impactos da mineração em área urbana sobre o meio antrópico revestem-se de especial importância devido ao alto grau de ocupação urbana, que são agravados, face à proximidade entre as áreas mineradas e as áreas habitadas. É o caso dos impactos visuais, resultantes dos altos volumes de rocha e solos movimentados e às dimensões da cava ou da frente de lavra. O desconforto ambiental pode ser sentido mesmo quando as emissões estiverem abaixo dos padrões ambientais estabelecidos. Os impactos causados sobre a saúde, por outro lado, dificilmente ocorrem quando estes limites são respeitados ^[9].

A tabela 01 apresenta inclusive de forma ilustrada os principais impactos ambientais da mineração brasileira e lista possibilidades de ações preventivas e/ou corretivas diante dos problemas evidenciados.

Pela análise da tabela referida, depreende-se que a natureza dos problemas ambientais causados pela mineração não se explica somente pelo caráter eminentemente capitalista da atividade, muitas vezes o potencial poluidor dos processos mineiros é amplamente acentuado pela falta de racionalismo na condução das operações do empreendimento, pautada na ausência de uma consciência ecológica dos responsáveis pelo gerenciamento dos projetos. É justo citar que nas atividades mineiras de pequeno e médio porte esta falta de sustentabilidade no empreendimento também é bastante visível, fato que é preocupante, diante da baixa capacidade técnica e financeira de tais empreendimentos em realizar o monitoramento e a recuperação ambiental durante e, principalmente, depois de encerradas as atividades na área.

A seguir apresenta-se a última abordagem metodológica a cerca da lógica dos impactos ambientais causados pela mineração, destacando-se como valiosa contribuição da sistemática apresentada, a diferenciação didática observada na classificação dos impactos ambientais advindos da atividade mineira.

A escala de produção e as dimensões do empreendimento mineiro são decisivos na determinação do nível de impactos ambientais observados em um ecossistema quando do desenvolvimento de uma mina, fato este que pode ser ainda mais acentuado com a ocorrência de fenômenos naturais que acabarão por servir de dispersores dos focos de danos ambientais por áreas maiores do ecossistema, isto é, tornando regional um dano pontual ao ambiente.

Tabela 01 – Principais impactos ambientais da mineração brasileira

Principais Problemas	Medidas de Controle	Exemplos Substância/Estado	Ilustração
Rompimento de antigas barragens de contenção, poluição de águas superficiais	Cadastramento das principais barragens de decantação em atividade e as abandonadas; Caracterização das barragens quanto a estabilidade; Preparação de estudos para estabilização	Fosfato/ Goiás	
Utilização de mercúrio na concentração do ouro de forma inadequada; rejeitos ricos em arsênio aumento da turbidez	Divulgação de técnicas menos impactantes; monitoramento de rios onde houve maior uso de mercúrio, mapeamento e contenção de rejeitos abandonados	Ouro / Pará Ouro / MG	
Rejeitos ricos em arsênio; Barragem de contenção de rejeito, de antiga metalurgia, em péssimo estado de conservação	Mapeamento e contenção de rejeitos abandonados; realização de obras de impermeabilização e isolamento.	Chumbo, zinco e prata / São Paulo e Rio de Janeiro	
Contaminação das águas superficiais e subterrâneas pela drenagem ácida provenientes de antigos depósitos de rejeitos	Realização de obras de impermeabilização e isolamento	Carvão / Santa Catarina	
Contaminação do lençol freático, vibração, ruído, emissão de particulado, transporte intenso de máquinas e veículos, conflitos com uso e ocupação do solo	Disciplinamento da atividade; Estudos de alternativas de abastecimento e de Transporte, aplicação de técnicas menos impactantes; Estudos de alternativas de abastecimento	Agregados para Construção / Rio de Janeiro e São Paulo	
Mineração em áreas de cavernas com impactos no patrimônio espeleológico	Melhor disciplinamento da atividade através da revisão da Resolução CONAMA 05 de 06/08/1987	Calcário / Minas Gerais e São Paulo	
Destruição de Florestas e leitos de rios	Racionalização da atividade para minimizar os impactos	Cassiterita / Roraima e Amazonas	

A mineração a céu aberto causa destruição completa da área da jazida, e das áreas usadas para depósito de estéril e bacias de rejeito. Esses impactos provocam alterações sobre a água, o ar, o solo, o subsolo e a paisagem como um todo, desequilibrando processos dinâmicos ambientais, os quais são sentidos por toda população, pois as terras alteradas estarão modificadas para sempre. O impacto ambiental causado pela mineração pode ser tanto intenso quanto extenso. Quanto à intensidade, o impacto da mineração depende de diversos fatores, dos quais se pode destacar a topografia original, o volume total de material extraído, o método de lavra, a característica do material extraído e a relação quantidade de minério-rejeito-estéril. Quanto à extensão, destaca-se a erosão de material superficial pela chuva, que acaba poluindo recursos hídricos, refletindo em toda a bacia na qual a mina está inserida. Os prejuízos não são somente dos proprietários, pois os impactos se estendem por todo ambiente circunvizinho ^[10].

No processo de mineração, os impactos diretos alteram características físicas, químicas e biológicas do ambiente. O resultado é um forte impacto visual, em função da morte das comunidades de espécies vegetais e animais, alteração no relevo pela modificação da topografia, desestruturação do solo, erosão, assoreamento do sistema de drenagem, perda de matéria orgânica, maior incidência de raios solares e maiores amplitudes térmicas. Comumente podem ser verificadas condições muito favoráveis para a formação de camadas compactadas no solo (substrato) que depende de maior ou menor grau das características do substrato, principalmente em decorrência do intenso movimento de máquinas. Dentre os impactos indiretos, incluem-se mudanças na ciclagem de nutrientes, biomassa total, diversidade de espécies, instabilidade do ecossistema, alteração no nível do lençol freático e na disponibilidade de água superficial. As alterações na topografia podem causar mudanças de direção de fluxos das águas de escoamento superficial, fazendo com que áreas que antes estavam em domínio da ação erosiva tornem-se áreas de domínio de deposição e vice-versa. o seu rompimento. Também pode ocorrer contaminação química do solo por vazamento e derramamento de óleos e graxas das máquinas que operam no local, ficando a utilização da área comprometida para as futuras gerações ^[10].

O monitoramento ambiental das atividades de mineração justifica-se de maneira irrefutável. Em muitas situações, os impactos ambientais estão ocorrendo, mas seus efeitos não são perceptíveis sequer a médio prazo. Os prejuízos para o ecossistema impactado direta ou indiretamente, implícita ou explicitamente, podem ser irreversíveis e a atenção aos

processos com potencial poluidor é um dos elementos capazes de evitar a efetividade desse potencial.

1.3 ASPECTOS AMBIENTAIS DO FECHAMENTO DE MINA

A obrigação fundamental imposta aos titulares de concessões de lavra no Brasil, com relação ao fechamento das minas, é que eles promovam a reabilitação das áreas impactadas pelas atividades da mineração, de acordo com um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), previamente elaborado e aprovado pelo órgão governamental competente. A exigência da apresentação obrigatória do PRAD fundamenta-se no princípio de que as áreas ambientalmente perturbadas pelas atividades de mineração devem ser devolvidas à comunidade ou ao proprietário superficiário nas condições desejáveis e apropriadas ao retorno do uso original do solo ou naquelas necessárias para a implantação de outro uso futuro, desde que escolhido por consenso entre as partes envolvidas e afetadas pela mineração ^[11].

Conforme mencionado anteriormente, a etapa de fechamento da mina está prevista no projeto de mineração com o objetivo de executar os trabalhos de descomissionamento com vistas a promover a reabilitação da área anteriormente minerada.

O preceito legal estabelece que o PRAD deve considerar a solução técnica adequada, visualizada pela empresa de mineração, para reabilitar o solo, eventualmente degradado pela atividade de mineração, para uso futuro. O plano aprovado pode ser revisto ou alterado, com a concordância do órgão ambiental competente para sua aprovação, para incorporar inovações tecnológicas ou outras ações alternativas que se mostrem mais adequadas ao processo de reabilitação, à medida que se desenvolvem as atividades de lavra e beneficiamento ^[11].

A própria legislação federal encarrega-se de garantir que haja a execução das ações de recuperação ambiental quando do fechamento da mina, tamanha é a importância desse tipo de iniciativa no contexto da sustentabilidade, aqui tratado com suas reais dimensões: econômica, ambiental e social.

Devido a gravidade da situação de degradação ambiental em nível mundial se faz urgente encontrar meios adequados para a recuperação do equilíbrio ambiental em áreas sujeitas a atividade mineira. No Brasil torna-se necessário uma lei específica que possa contemplar os princípios e os objetivos definidores da recuperação e do monitoramento ambiental das áreas degradadas por mineração, bem como definir de quem é a responsabilidade pela recuperação de áreas mineiras degradadas, após o fechamento das

minas. Para o sucesso da recuperação em áreas degradadas por mineração, deve-se estabelecer um programa no qual esteja incluso obrigatoriamente, o planejamento da atividade minerária, desde sua fase de concepção até a fase posterior ao término da lavra, o denominado fechamento de mina ^[12].

No tocante ao fechamento de mina e devida recuperação ambiental, é fundamental a definição efetiva das responsabilidades diante da formulação das proposições com este fim e da implantação das mesmas, pois só assim do descomissionamento poderá dizer-se completo e com razão de ser.

A peculiaridade da questão do fechamento de uma mina decorre do processo de mudança de uso da área, sendo fundamental, que sejam observadas as imposições legais que derivam deste fato, relativas ao fechamento da mina propriamente dita, necessidade de licenciamento da nova forma de uso, à responsabilidade do minerador pelo cumprimento da obrigação de executar o plano de recuperação de área degradada aprovado pelo órgão ambiental competente. Portanto, o minerador tem a obrigação de implantar o plano de recuperação de área degradada pela atividade de mineração aprovado pelo órgão ambiental competente, que contempla o uso futuro da área de influência da mina, após o fechamento da mesma ^[12].

O art. 225, § 2º da Constituição Federal impõe àquele que explorar recursos minerais a responsabilidade de recuperar os danos ambientais causados pela atividade de mineração, consistente na obrigação de recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma de lei. Embora esta responsabilidade seja objetiva (independente da vontade do agente), é necessário haver o nexo de causalidade entre a atividade de mineração e o dano ambiental, para constituir-se a obrigação do minerador de efetuar a aludida recuperação ^[12].

Mais adiante, os aspectos legais relacionados à recuperação das áreas degradadas pela mineração serão tratados com mais especificidade, em uma discussão dedicada especialmente a essa temática.

1.4 DESAFIOS DA RELAÇÃO MINERAÇÃO – MEIO AMBIENTE

Os desafios atuais e futuros em que pesem os avanços passados e recentes dos setores mais dinâmicos da mineração brasileira, em alguns aspectos as empresas nacionais (e, em certa medida, mesmo as subsidiárias nacionais de empresas estrangeiras) não se situam no mesmo patamar das empresas líderes. Por outro lado, as demandas sociais tendem a ser cada

vez mais fortes, o que freqüentemente se reflete em novas exigências legais, que já podem ser vislumbradas para o futuro ^[13].

Não existe mineração sem degradação ambiental, pois esta é uma consequência daquela. Aceitar esse fato não é remeter-se ao conformismo, mas é aceitar uma realidade natural e ter a mentalidade favorável à formulação e execução de ações aptas a minimizar os impactos que a mineração causa no meio e a compensar o mesmo diante das transformações negativas nele impressas.

A análise de riscos é uma ferramenta com múltiplas aplicações e pode ser usada com diversos enfoques. No planejamento de uma nova mina e na desativação de uma mina existente, a análise de riscos possibilita a identificação de perigos e de situações críticas que possam acarretar acidentes ou perdas para a empresa, para a comunidade e para o ambiente. Acidentes com barragens de rejeitos têm chamado a atenção da mídia e representam não só uma das mais sérias ameaças à segurança pública e à integridade dos ecossistemas como também significam o risco de sérios danos à imagem do conjunto das empresas de mineração. Da mesma forma, acidentes no transporte de cianeto e outros produtos perigosos empregados na mineração, embora relativamente pouco comuns, são ainda mais freqüentes do que acidentes envolvendo estruturas de retenção de rejeitos. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente recomenda que as empresas desenvolvam programas para aumentar a conscientização dos riscos e a preparação das empresas e das comunidades vizinhas para o caso de acidentes tecnológicos. Além disso, incluiu a mineração no rol de atividades para as quais são recomendadas ações, inclusive no período posterior ao fechamento das minas. Por outro lado, é de se notar que os estudos de análise de riscos exigidos no Brasil para fins de licenciamento ambiental raramente são aplicados para a mineração ^[13].

De fato o meio ambiente necessita receber um tratamento sistêmico, assertiva comprovada pelo inter-relacionamento existente entre os aspectos ambientais de uma área e a segurança das pessoas (e equipamentos) nela inseridos.

Todos os ramos da indústria e dos serviços confrontam-se com os desafios da produção mais limpa (aplicação contínua de uma estratégia preventiva integrada relativa a processos, produtos e serviços, visando aumentar a eficiência e reduzir os riscos para a saúde humana e para o meio ambiente). Na mineração, processos produtivos mais limpos dependem diretamente de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Diferentemente de muitos ramos da indústria, nos quais é possível o emprego de um mesmo tipo de solução para um grande

número de firmas, a extração e o processamento de matérias-primas minerais requerem soluções para cada caso ^[13].

A racionalidade não é uma prática restrita apenas ao uso dos recursos naturais disponibilizados pela mineração à sociedade que os adquire, deve, pois, ser uma prática adotada inclusive nas operações correlatas à extração e beneficiamento dos recursos minerais, considerando a necessidade de otimização desses processos, por vezes altamente específicos.

Algumas empresas já desenvolveram critérios e procedimentos internos para planejar o fechamento de suas minas, seja para atender a políticas corporativas, seja para responder a exigências de órgãos reguladores do mercado de capitais, caso das empresas que têm ações nas bolsas de Nova York ou Toronto. Desta forma, algumas empresas de consultoria também começaram a desenvolver competências na preparação de planos de fechamento. No campo governamental, porém, os órgãos ambientais ainda não têm diretrizes ou critérios para orientar a elaboração ou analisar planos de fechamento, ao passo que está estagnada a discussão sobre o uso de instrumentos financeiros para garantir a disponibilidade de recursos para o fechamento – tais como cauções, fianças, fundos e outros mecanismos. Entretanto, é interessante notar que certos órgãos estaduais de meio ambiente não estão amparados na legislação atual. Uma comunidade organizada e com alto nível de capital social tem maiores condições de desenvolver projetos economicamente sustentáveis para o período posterior ao fechamento da mina. A carência de capital econômico pode ser, em grande parte, suprida pelo capital social que, entre outros, facilita a obtenção de recursos financeiros. Com a devida antecipação, a própria presença da empresa de mineração pode facilitar a preparação de projetos viáveis e a capacitação de recursos humanos. A fase do enclave mineiro, caracterizada por uma atitude paternalista da empresa e por poucos vínculos com a comunidade e a economia locais, está em vias de superação ^[13].

O fechamento de mina, ao contrário do que remete o termo, representa também continuidade de empreendimentos no local. Seguramente, não um empreendimento mineiro, mas um empreendimento de outra natureza, a ser fomentado pela mineração (em seu período de desenvolvimento e descomissionamento), com vistas a desenvolver os recursos financeiros, tecnológicos e humanos necessários à efetivação da utilização da área pós minerada.

A avaliação de impacto ambiental é uma ferramenta em contínua evolução e uma das inquietações atuais é determinar o seu real peso nas decisões governamentais e empresariais.

Um dos pontos em debate diz respeito a uma ampliação de foco, para que estas avaliações passem a tratar dos dois outros requisitos do desenvolvimento sustentável, a sustentabilidade econômica e a social. Assim, tem início uma nova tendência de se perguntar qual a contribuição líquida de um projeto para o desenvolvimento sustentável ^[14].

A evolução humana pressupõe a evolução da mineração, e com esta, a evolução do tratamento dos problemas ambientais gerados em decorrência de seus processos. Somente com o incremento em tecnologia e em gestão dos recursos naturais será possível ampliar a racionalização do seu uso e ampliar a necessária sustentabilidade do setor mineral.

CAPÍTULO 02 RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO

O presente capítulo apresenta, inicialmente, as principais definições inerentes à degradação ambiental e, como não poderia deixar e ser, o embasamento teórico a cerca dos conceitos inerentes à recuperação específica do meio ambiente diante de tais danos causados.

Em primeira instância, a recuperação ambiental é tratada de forma a privilegiar seus aspectos metodológicos, isto é, são abordadas as estratégias genéricas que integram a materialização da recuperação de áreas degradadas, que em termos específicos, vai sendo estreitamente adequada e focada para a atividade de mineração.

Nesse contexto, faz-se um resgate dos impactos causados pela atividade mineira nos diversos meios em que atua, privilegiando-se as medidas de controle correspondentes à recuperação ambiental, bem como se ilustra a argumentação feita com exemplos de reutilização social das áreas pós-mineração.

2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS E SUA RECUPERAÇÃO: DEFINIÇÕES

Na abordagem da recuperação ambiental associada aos impactos causados pela atividade de mineração, é fundamental ter clareza nas definições das principais terminologias relacionadas ao assunto, a fim de que se possa ter objetividade e rigor técnico quanto à identificação das áreas degradadas pela mineração e suas conseqüentes formas de recuperação.

Considera-se área degradada aquela que, após distúrbio, teve minimizado seus meios de regeneração natural. Em contraste, é considerada área perturbada a que sofreu distúrbio, mas manteve meios de regeneração biótica. De acordo com a Lei 6.938, de 1981, 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 capacidade produtiva dos recursos ambientais. O solo é tido por muitos como recurso não renovável e a sua degradação é um processo avaliado na medida em que suas características físicas, químicas e biológicas são alteradas. Quando isso acontece, ocorre queda na produtividade e prejuízo no desenvolvimento sócio-econômico ^[10].

Uma análise global do problema demonstra que a degradação pode ter diversas origens, sendo as atividades econômicas mais degradantes aquelas relacionadas ao manejo

inadequado do solo e ausência de práticas conservacionistas pela agricultura; e em menor grau, a exploração florestal, a urbanização que envolve obras de engenharia (construção civil, estradas, ferrovias, barragens. entre outras), as indústrias básicas (químicas e metalúrgicas ou bioindustriais) e a mineração ^[9].

As figuras 02 e 03 mostram cenários de mineração típicos, pelo nível de mecanização e pelas proporções da própria atividade, nota-se a potencialidade de danos ao meio ambiente a partir do desenvolvimento normal da operação. Há que se ressaltar, que estes são casos de minas de grande porte.

O nível de transformação ambiental que a mineração imprime no ambiente onde se desenvolve, conforme mostram as figuras 02 e 03, é um reflexo do grau de movimentação de materiais empreendidos pela mineração na preparação e no desenvolvimento das frentes de lavra.



Figura 02 - *Open pit mining* em Fort Knox, Alaska, Kinross Gold Corporation ^[13].



Figura 03 - Lavra em tiras em mina de carvão da Copelmi Mineração, Butiá, RS ^[13].

A degradação do solo é um termo mais amplo do que a poluição (do solo), englobando: (i) a perda de matéria devido à erosão ou a movimentos de massa, (ii) o acúmulo de matéria alóctone (de fora do local) recobrindo o solo, (iii) a alteração negativa de suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compactidade, (iv) a alteração das características químicas, (v) a morte ou alteração das comunidades de organismos vivos do solo. Todos estes tipos de degradação podem ser intensificados no caso de desflorestamento das áreas de preservação permanente, o que já justificaria a importância de recuperar, o mais rápido possível, a vegetação original dessas áreas ^[15].

Vários conceitos de degradação foram formulados ao longo do tempo, alguns com mais (outros com menos) condicionantes para atribuir a uma área a condição de degradada, inclusive a legislação federal brasileira também determina o que a degradação representa nos ditames da lei. Mesmo com variadas fontes versando sobre o tema, é correto inferir que área degradada é aquela que, em decorrência de processos antrópicos, perdeu suas características originais e, principalmente, teve subtraída de si, a capacidade de reaver naturalmente tais características, pela ação biológica nos próprios organismos nela inseridos.

Em escala infinitamente menor, a degradação de uma área é causada por processos naturais, fato que não é o foco nem o objeto da discussão proposta no presente trabalho.

A figura 04 ilustra uma atividade mineira de menor porte, inclusive com baixa mecanização, contudo deixa evidente que o nível de impacto ambiental nestes casos de mineração de pequeno e médio porte também é elevado.



Figura 04 - Lavra de rochas ornamentais em matacões, RS ^[13].

Demonstra-se assim que a pequena e média minerações também degradam o meio ambiente, fato amparado no baixo nível de planejamento (inclusive ambiental) desse tipo de empreendimento. Nesse contexto, a preocupação reinante, conforme citado anteriormente, é a baixa capacidade apresentada pelos detentores do empreendimento em desenvolver ações de recuperação ambiental, que notadamente não são realizadas durante o empreendimento em escala gradativa e se deixadas para o final da vida útil do projeto irão se deparar com a limitação e/ou escassez de recursos financeiros para a materialização das ações de recuperação da área degradada.

No debate a cerca da degradação ambiental e do porte dos empreendimentos mineiros, é pertinente mencionar a questão do garimpo.

A garimpagem provoca impactos ambientais nas áreas submetidas a este tipo de extração rudimentar e predatória principalmente através da contaminação dos recursos hídricos. Nesse aspecto, cabe lembrar a contaminação com mercúrio em diversos locais da região amazônica e a paisagem de devastação resultante do desmonte hidráulico e outros processos de exploração. O garimpo, pela informalidade das suas atividades, à margem dos compromissos legais, fiscais e trabalhistas, tem recebido do governo uma atenção e um tratamento diferenciados. Ele é considerado uma questão social, distinto, portanto, da mineração legalmente organizada ^[13].

A figura 05 mostra o exemplo de uma área degradada por uma determinada atividade de mineração. A análise da mesma evidencia o potencial poluidor da mineração, notadamente sobre as águas, que têm uma série de suas propriedades alteradas negativamente.



Figura 05 – Aspecto da área degradada pelo garimpo de São João da Chapada, MG ^[13].

Independentemente do porte da mineração desenvolvida, é fato que a atividade degrada o meio ambiente, mas também é amplamente factível o desenvolvimento de ações recuperadoras por parte dos atores do empreendimento mineiro.

Analisando a história da mineração, notam-se vários exemplos, inclusive brasileiros, de casos bem sucedidos de recuperação ambiental de áreas degradadas pela atividade, conforme ilustra a figura 06.

A visualização da figura 06 dá uma dimensão do poder modificador altamente benéfico que a mineração possui quando os responsáveis pelo empreendimento estão predispostos a compensar a natureza diante dos impactos negativos outrora causados. Não se trata de comparar a situação da área antes da mineração e depois de sua recuperação, mas sim da materialização da compensação ao meio ambiente e do próprio desenvolvimento sustentável.



Figura 06 – Área de antiga mina de carvão na região de Butiá, RS ^[13].

Embora os impactos ambientais sejam significativos e apresentem particularidades para cada setor da mineração, a recuperação e readequação das áreas lavradas podem ser efetivadas. Os resultados muitas vezes são fantásticos, integrando as áreas lavradas ao meio ambiente e retornando as mesmas para outras atividades econômicas. Um exemplo importante é a recuperação de áreas efetivada pela empresa Copelmi Mineração no Rio Grande do Sul, onde as áreas retornaram aos proprietários para utilização econômica, como reflorestamento e agropecuária. O Plano de Fechamento de Mina deve contemplar todos os aspectos, desde a recuperação das áreas degradadas até a sua integração à economia regional. As implicações econômicas têm que ser consideradas nos custos de operação das minas, e os procedimentos

de recuperação devem ser desenvolvidos desde a etapa inicial de implantação das operações mineiras ^[13].

A recuperação das áreas degradadas é uma obrigatoriedade imposta pela sociedade e pela legislação à mineração, que tem que atender a este aspecto ambiental relevante e contemplá-lo de modo firme e efetivo já na fase de estudo de viabilidade do projeto mineiro.

Existem outros conceitos igualmente importantes no contexto da abordagem geral dos impactos ambientais verificados nas áreas mineradas e, sobretudo, no tocante às formas de reabilitação das mesmas.

É comum encontrar os termos recuperação, reabilitação ou restauração em trabalhos que tratam da recuperação ambiental. O fato decorre principalmente da tradução desses termos do idioma inglês. Em certos momentos percebe-se que esses conceitos são tratados como sinônimos de um mesmo processo, mas em outros, os conceitos são acompanhados de polêmica e de choque entre si. Praticamente toda legislação utiliza o termo recuperar, inclusive a Constituição Federal. Para o IBAMA, a recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilizado de acordo com o plano preestabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa, também, que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem. Chegar o mais próximo possível de sua condição original significa trazer novamente ao ambiente todas as espécies e todas as interações existentes entre as mesmas. Isto, evidentemente, não pode ser pré-definido dentro de um espaço de tempo por executores de projetos de restauração, mas apenas serem previstas as probabilidades de um dia ser alcançado a semelhança com o ecossistema anteriormente degradado ^[10].

Diante das diferenças sutis e, cuja gênese repousa mais sobre conveniências de detalhes em situações específicas, usa-se no presente trabalho o termo recuperar, que implícita e explicitamente concentra o significado real do que se deseja expressar. Contudo, é válido estabelecer a diferenciação didática entre tais terminologias correlatas.

A tabela 02 atende a este propósito, ao fazer a distinção sucinta entre os termos restaurar, recuperar e reabilitar, todos inseridos no contexto dos impactos ambientais.

Também pela análise detalhada dos termos definidos na tabela 02, torna-se mais conveniente utilizar no presente trabalho, para os fins a que se destina, o termo recuperação,

cujo uso extrapola os limites da presente discussão e já encontra-se amplamente difundido e enraizado junto àqueles formuladores de leis e de diretrizes aplicadas à área ambiental, tanto no universo do público como no universo do privado.

Tabela 02 – Diferenças entre os termos restauração, recuperação e reabilitação ^[15]

Termo	Definição
Restauração	O conceito de restauração remete ao objetivo de reproduzir as condições originais exatas do local, tais como eram antes de serem alteradas pela intervenção. Um exemplo de restauração é o plantio misto de espécies nativas para regeneração da vegetação original, de acordo com as normas do Código Florestal
Recuperação	O conceito de recuperação está associado à idéia de que o local alterado deverá ter qualidades próximas às anteriores , devolvendo o equilíbrio dos processos ambientais. Os Sistemas Agroflorestais (SAF) regenerativos, que consistem em sistemas produtivos diversificados e com estrutura semelhante à vegetação original, têm sido usado com êxito na região norte do país para recuperar áreas degradadas por pastagens.
Reabilitação	A reabilitação é um recurso utilizado quando a melhor (ou talvez a única viável) solução for o desenvolvimento de uma atividade alternativa adequada ao uso humano e não aquela de reconstituir a vegetação original, mas desde que seja planejada de modo a não causar impactos negativos no ambiente. A conversão de sistemas agrícolas convencionais para o sistema agroecológico é uma forma importante de reabilitação, que vem melhorando a qualidade ambiental e a dos alimentos produzidos.

Nota-se a similaridade entre os conceitos de recuperação, restauração e reabilitação, porém não há como negligenciar as sutis diferenças entre eles, o que não inviabiliza, em termos práticos e gerais, a ampla e difundida utilização do termo recuperação quando se trata das áreas degradadas pela atividade de mineração.

2.2 ESTRATÉGIAS GERAIS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

O entendimento da lógica atual das estratégias de recuperação de áreas degradadas passa pelo entendimento do momento histórico em que houve a gênese das primeiras medidas recuperadoras de áreas exploradas.

O marco do processo atual de recuperação ambiental no Brasil foi o protesto público em Belo Horizonte, em 1977, contra a mineração na Serra do Curral, MG. A partir desse evento, a atuação da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e outras universidades no movimento de recuperação ambiental, tem sido constante. Já em 1978, foi elaborado um relatório contendo recomendações para a recuperação de superfícies mineradas de bauxita, convênio UFV/Alcominas, em Poços de Caldas, MG. Em 1980 foi produzido o Boletim Técnico Recuperação Conservacionista de Superfícies Mineradas: uma revisão de literatura, pela Sociedade de Investigação Florestal da UFV (SIF/UFV). A partir dessa data, vários cursos de controle de poluição pela mineração e avaliações da recuperação de áreas mineradas foram implementados. Em 1987 iniciam-se pesquisas no Centro Nacional de Pesquisas

Ambientais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPAB/EMBRAPA) sobre espécies fixadoras de nitrogênio para revegetar áreas degradadas. Em 1988 a nova Constituição do Brasil exige a recuperação de áreas degradadas e em 1989, por meio do Decreto nº 97.632/89, passou a ser exigida a elaboração de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para áreas de mineração. Em 1990 o IBAMA publica um manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração. Em 1991 é firmado um convênio entre a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Centrais Elétricas de Minas Gerais (CEMIG) para estudar a recuperação de matas ciliares. Em 1992 acontece o I Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) em Curitiba, PR. Outro passo importante para a afirmação da necessidade de recuperação ambiental (RA) foi a criação em 1997 da Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas (SOBRADE). Em 1998 a Companhia Geral de Minas (Poços de Caldas, MG) e a Samarco Mineração S.A. (Mariana, MG) obtiveram a Certificação ISO 14001 para mineração ^[16].

A recuperação das áreas degradadas, como não poderia deixar de ser, possui métodos e técnicas que integram sua estratégia de materialização, isto é, elementos responsáveis por torná-la visivelmente palpável no contexto da compensação ambiental das áreas exauridas.

Mediante essa situação, com sérias implicações sócio-econômicas e em face de uma emergente consciência ambiental, além das exigências legais, existe a pressão da sociedade para que sejam recuperadas áreas degradadas com vistas à sua reabilitação ao processo produtivo. Entretanto, a recuperação de um ecossistema não deve ser confundida com ações superficialmente similares que visem outros fins, como a produção florestal em terrenos profundamente alterados. Devem ser trabalhados tanto seus componentes (plantas, animais, fatores bióticos) como seus serviços ou funções (papéis hidrológico, estético, entre outras) ^[16].

A escolha ou criação de um modelo de restauração é um processo em constante aprimoramento, que vai desde a utilização de obras de engenharia, de adubações, à utilização de forrageiras, lianas, ervas, arbustos, arbóreas (nativas ou exóticas), ou mesmo a utilização de tecnologias como a inoculação de micorrizas e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico nas raízes das plantas. O plano de revegetação de uma área degradada deve ser a sucessão secundária, no sentido de recuperar a forma e a função da paisagem anterior. Este processo caracteriza-se principalmente por seu gradual aumento e substituição de espécies no tempo, em função das diferentes condições ambientais que vão se estabelecendo, às quais diferentes espécies se adaptam melhor. A substituição de uma comunidade por outra ocorre

até ser atingido um nível onde muito mais espécies podem se expressar, no seu tamanho máximo, e onde a biodiversidade também é máxima. Quanto maior o nível de interação entre as espécies da fauna, da flora e da comunidade do solo, mais eficiente será a dinâmica sucessional e, conseqüentemente a recuperação da resiliência local, ou seja, quanto maior a capacidade de uma comunidade em atrair, nutrir e dar condições de reprodução, mais rápida será sua restauração ^[10].

A lógica da metodologia de recuperação das áreas degradadas baseia-se no conhecimento das causas e conseqüências da degradação e, de forma, corretiva, as ações de recuperação são planejadas e executadas no sentido de tentar viabilizar o retorno do ecossistema degradado a condições naturais satisfatórias sob o aspecto da sustentabilidade.

A degradação atinge o meio físico, biótico e antrópico. O solo, pela sua importância nos processos produtivos, talvez seja, entre todos os compartimentos, o mais investigado. Apesar disso, caracterizá-lo num processo inicial de degradação, não é tarefa de fácil visualização. Solos agrícolas ou de pastagens, podem estar sofrendo erosão laminar, com remoção de camadas delgadas de solo dos horizontes superficiais onde estão concentrados os teores mais altos de matéria orgânica, micro e mesofauna do solo, além dos nutrientes minerais; contudo, sem apresentar significativa perda de produtividade, posto que esta vai diminuindo progressivamente, não permitindo, muitas vezes, efeitos visuais perceptíveis. Considerando a possibilidade desse processo ocorrer em ambientes montanhosos, de elevada declividade e/ou, em grandes lançantes, poderá reduzir a cobertura do solo a uma mera camada superficial. Caso esse processo não seja interrompido por constantes intervenções, poderá evoluir para erosão em sulcos, ravina e, finalmente, voçorocas de grandes dimensões, com freqüentes desmoronamentos e de difícil recuperação, particularmente onde o material é muito friável. Para facilitar a compreensão desse processo, a ciência do solo tem procurado associar características peculiares de qualidade do solo, de tal forma que a partir do momento que surjam alterações, seja caracterizado o processo de sua degradação. Porém, uma das dificuldades é a de estabelecer quais são essas características e o padrão de referência, para que se possa definir e quantificar a qualidade do solo, para então proceder a sua caracterização ^[9].

A tabela 03 mostra exemplos claros de que é possível não só recuperar as áreas degradadas pela mineração, mas que é possível fazer isso ainda durante a vida útil do empreendimento.

A análise da tabela 03 permite concluir que é perfeitamente possível o relacionamento harmônico da mineração com o meio ambiente, a partir da racionalização de forma geral e, especificamente, da recuperação ambiental gradativa a partir dos danos causados na área minerada. Sobretudo, a presente análise evidencia que não é necessário chegar-se ao fechamento da mina para iniciar a recuperação da área degradada.

A condição para ocorrer a sucessão é ditada inicialmente pelo solo ou substrato, que é a base para a recuperação ambiental, pois nele será introduzida a vegetação, proposta pela maioria dos programas de recuperação. Assim, a presença da camada fértil com elevados teores de matéria orgânica do solo, como a adição de serrapilheira, contribuem e dinamizam o desenvolvimento vegetal; são fontes de nutrientes e de sementes da vegetação local. A matéria orgânica varia consideravelmente entre um solo e outro, em diferentes sítios num mesmo perfil, e decresce com a profundidade. Seus teores em solos de superfície contêm desde traços até 20 ou 30% de carbono. Sua função é: a) melhorar as características físicas do terreno com o aumento da porosidade (aeração) e da retenção de água, através da formação de grânulos no solo; b) servir de fonte de minerais para as plantas, pois a ela estão ligados o nitrogênio, o fósforo e o enxofre e; c) propiciar o desenvolvimento da comunidade microbiana do solo, formada por bactérias, fungos, algas, vírus e protozoários que atuam na decomposição de matéria orgânica ^[10].

É essencial que haja o conhecimento das características, especialmente litológicas e químicas, da área a ser recuperada, ao passo que as mesmas (as características) são decisivas na formulação e avaliação das estratégias de recuperação empregadas de forma predominante.

O estabelecimento da vegetação no solo é um dos passos necessários para formar a camada fértil, por meio da deposição de material orgânico, das excreções radiculares e matéria orgânica, quando ocorre a morte das raízes, da atração da fauna e das complexas interações solo-planta-animal. A diferente capacidade de penetração das raízes das plantas é conhecida de longa data. As raízes crescem e morrem no solo e neste processo, fornecem alimento e energia à fauna e à microflora do solo. Devido à produção de compostos orgânicos em quantidades significativas liberados na superfície das raízes, o desenvolvimento de organismos na rizosfera, pode ser 100 vezes maior do que em qualquer outro lugar no solo. Ao mesmo tempo, as raízes vivas modificam fisicamente o solo penetrando pelas fendas e abrindo novos condutos, que inicialmente são finos, mas aumentam à medida que as raízes

engrossam e crescem. Essas galerias possuem enorme funcionalidade quanto ao arejamento do solo e aumento da infiltração de água ^[10].

Tabela 03 – Exemplos de consórcio entre operação de mina e recuperação ambiental

Mina Localização	Atividades	Ilustração
Bunge Fertilizantes S/A Araxá/MG	Operação da Mina de Fosfato; Disposição Controlada, Manutenção e Recuperação Ambiental dos Depósitos de Estéril; Alimentação das Unidades de Britagens	
Copebrás Ltda. Catalão/GO	Operação da Mina de Fosfato; Disposição Controlada, Manutenção e Recuperação Ambiental dos Depósitos de Estéril; Alimentação das Unidades de Britagens	
Copelmi Mineração Ltda. Mina Butiá-Leste	Operações das Minas de Carvão Mineral; Recuperação Ambiental das Áreas Mineradas; Movimentação de Materiais nas Plantas de Beneficiamento; Alimentação das Unidades de Britagens.	
Camargo Correa Cimentos S/A Ijací/MG	Manutenção e Recuperação Ambiental dos Resíduos de Estéril; Decapeamento, perfuração, desmonte, carga e transporte de calcário até as unidades de britagem	
Fosfertil S/A Catalão/GO	Decapeamento e extração de minério para o abastecimento da unidade de britagem; Recuperação do solo minerado.	
Cia Riograndense de Mineração Minas do Leão e Candiota/RS	Mineração de Carvão; Recuperação Ambiental de Áreas Mineradas	

Sem a correta avaliação das medidas adotadas quando da recuperação das áreas degradadas, não é possível corrigir possíveis falhas que venham a inviabilizar e/ou prejudicar decisivamente a ação. Além disso, é necessário entender detalhadamente a lógica natural que se estabelece no ecossistema prejudicado e a nova realidade inserida com os procesos de recuperação.

As exigências atuais do estudo de impactos ambientais (EIA) e o respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA), bem como o plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD) ou, em alguns casos, como para a extração de areia, um plano de controle ambiental (PCA), necessários para a obtenção da licença de exploração, não são garantias exclusivas para o sucesso da recuperação, não significando necessariamente, que todos os problemas ambientais da área estarão solucionados. Os procedimentos de recuperação, para que sejam efetivos, poderão ser medidos por concepções e metas de longo prazo, inclusive considerando a) a cobertura e diversidade vegetativa (deve-se optar por um grande número de espécies, evitando um grande número de indivíduos da mesma espécie); b) o tempo de resposta hidrológica; c) e o retorno do local para uso produtivo. Essas metas de longo prazo são alcançadas por ajustamentos diários, manipulação do material e plano de controle da qualidade da água, necessariamente ajustado no local, verificando os progressos da perturbação por meio da visualização da paisagem. As condições geológicas e hidrológicas encontradas podem diferir consideravelmente daquelas previstas no plano original. Então, os especialistas em recuperação, devem ser versáteis e adotar novas e mais efetivas abordagens, para atingir suas metas de recuperação em longo prazo ^[16].

A recuperação ambiental de uma área pós-minerada assume significados e proporções que vão além dos limites do sítio recuperado, notadamente são resultados diretos para o ecossistema e para a comunidade (humana) que interage com a área. E a própria legislação é sensível a isso, induzindo forçosamente aos responsáveis pelo empreendimento mineiro a identificarem, caracterizarem os impactos ambientais por eles causados e, sobretudo, indicar a postura a ser adotada no sentido do tratamento de tais problemas levantados, tudo isso antes mesmo do projeto de mineração iniciar-se de fato.

Mais uma vez, o conhecimento detalhado da área degradada configura-se como um fator decisivo na escolha e implementação da estratégia de recuperação, conforme pode ser observado na descrição de outras alternativas de recuperação.

A regeneração natural também contribui para melhorar a fertilidade do solo, mas depende da dispersão de sementes das áreas de entorno e/ou de um banco de sementes, que se encontra na camada superficial do solo. Entretanto, em áreas degradadas, as fontes de sementes e propágulos podem ter sido eliminados ou enterrados em profundidade, o que impede a sua emergência. A transposição de solo de pequenos núcleos das áreas de entorno, e de distintos níveis sucessionais, de solo não degradado representa grande probabilidade de recolonização da área com a comunidade de microorganismos, sementes e propágulos de espécies vegetais pioneiras. Esta técnica permite a reintrodução de populações de espécies da micro, meso e macro fauna/flora do solo, incluindo os microorganismos decompositores, fungos micorrízicos, bactérias nitrificantes, minhocas, algas, etc, fundamentais no processo de ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilidade do solo, além das sementes de diferentes espécies ^[10].

Uma estratégia antiga é a criação de um tapete verde através da semeadura direta ou mais recente a hidrossemeadura, ambas utilizando coquetéis de gramíneas perenes exóticas e leguminosas. Esta estratégia visa a rápida cobertura do solo, a interrupção do processo erosivo, o desenvolvimento de sistemas radiculares profundos e o fornecimento de matéria orgânica ao solo ^[10].

Muitas vezes, técnicas simples e antigas ainda são aplicadas nos dias de hoje, de acordo com a consideração a cerca dos danos observados na are que se deseja recuperar e da aplicabilidade desses métodos para cada uma dessas situações específicas.

Outra possibilidade de restaurar áreas degradadas é por meio de ilhas de vegetação, onde o plantio ocorre na forma de ilhas e não em toda a área, com pioneiras e não pioneiras (secundária iniciais ou tardias e clímax) ou ilhas de não pioneiras e plantio de pioneiras por toda a área. Defende-se a utilização de espécies nativas com o máximo de diversidade possível, procurando recuperar tanto a estrutura, como a dinâmica da floresta. As espécies a serem introduzidas nas ilhas devem apresentar alta diversidade funcional. Uma técnica para selecionar espécies adequadas é coletar sementes presentes no banco de sementes das áreas de entorno por meio de coletores, ou coletar a partir de árvores matrizes dentro da floresta (a matriz deve ser sadia, de bom porte, com copas bem formadas e livres de doenças) de diferentes estágios sucessionais e períodos sazonais, para incluir variadas formas de vida (ervas, arbustos, lianas, árvores e epífitas), e variadas síndromes de polinização e dispersão de sementes, a fim de garantir a produção de alimentos para esses animais durante todo o ano ^[10].

A figura 07 apresenta um panorama das técnicas empregadas na recuperação de áreas degradadas.

Pela análise da Figura 07 nota-se a grande diversidade de métodos e técnicas para a recuperação de área, observando-se o maior ou menor nível de sofisticação das metodologias adotadas, bem como o custo-benefício, inclusive visual, decorrente da adoção de uma em detrimento das outras técnicas.



Figura 07 – Panorama genérico de técnicas empregadas na recuperação ambiental

Reconhecendo-se a importância e aplicabilidade da chamada técnica da formação de irregularidade ou hipótese de Aumond, reportam-se a seguir seus principais aspectos.

Nos sistemas degradados, as variáveis ecológicas (luminosidade, temperatura do solo, escoamento de água, ciclagem de nutrientes, entre outros), dificultam o aparecimento e enriquecimento da vida. A água que escoar na superfície desnuda, erode ainda mais o solo carreando macro e micronutrientes e, empobrece ainda mais a área degradada. A retenção da água será sempre menor nas áreas sem vegetação do que nas áreas em que essa viceja. A insolação direta na superfície do solo via condução, radiação solar e convecção provocam grande oscilação térmica no solo, seguida de enormes perdas de energia para a atmosfera. Nas áreas degradadas, ocorrem grandes perdas de matéria e energia e, nesse sentido, surge a proposta para a formação da topografia irregular a fim de aumentar o fluxo de matéria e energia internamente nesse sistema (considerando que a área degradada seja um sistema). Nesta situação, a velocidade de escoamento superficial da água e o carreamento de partículas de solo são reduzidos, além de as partículas serem interceptadas e depositadas nas bacias de contenção. A água também será armazenada melhorando o abastecimento hídrico para as plantas, tanto em períodos normais como em períodos de seca. Os diques e bacias de contenção também propiciam maior variabilidade em nichos ambientais que poderão facilitar o estabelecimento e aumento da biodiversidade ^[10].

A figura 08 dá um tratamento conceitual à recuperação de áreas degradadas e esquematiza a evolução da degradação com a recuperação ambiental conseqüente.

A análise da figura 08 ressalta que, com o passar do tempo, e o aumento do nível de perturbação sobre os ecossistemas naturais, tal condição cede lugar à condição degradada. Com a adoção das ações corretivas, tenta-se, de forma controlada, restabelecer uma condição natural favorável. Ressalta-se que existe ainda a possibilidade do abandono da área degradada, fato que pode levar ao seu restabelecimento espontâneo ou ao agravamento da degradação.

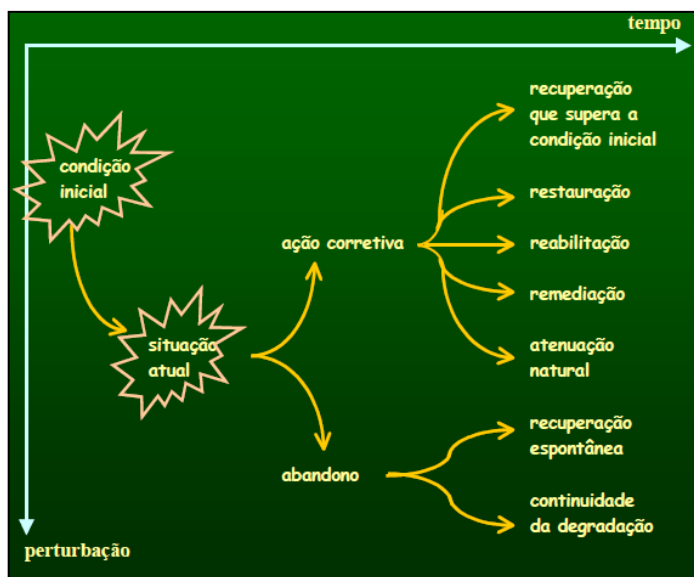


Figura 08 – Esquema conceitual de recuperação de áreas degradadas ^[15].

2.3 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO

A presente abordagem agora irá direcionar seu foco para a atividade mineira, apenas. Notadamente, serão abordados os métodos e as técnicas de recuperação ambiental diante dos impactos impressos no meio por essa atividade.

A escolha correta dos métodos de controle de poluição na mineração, parte integrante do contexto dessa discussão, é melhor desenvolvida quando restringe-se a abordagem à forma de verificação dos impactos, conforme disposto a seguir ^[1]

As técnicas utilizadas para assegurar o uso adequado do solo são numerosas, mas no geral todas compreendem as seguintes etapas: desmatamento, remoção e estocagem do capeamento do solo

Os impactos causados sobre a água são mensurados a partir da poluição dos seguintes parâmetros de qualidade:

- a) Orgânico: proveniente dos esgotos do sistema de apoio das atividades, tais como vilas, residências, escritórios, entre outros;
- b) Óleos/detergentes: proveniente das oficinas, máquinas, caminhões, entre outros;
- c) Cianeto/mercúrio: provindos do beneficiamento dos minérios de ouro;
- d) Águas ácidas e/ou alcalinas: os efluentes ácidos são comuns em certos tipos de minerações, como no caso dos minerais sulfetados e é possível encontrá-los nas redes de drenagem água com pH variando de 2 a 6,5. Quanto aos efluentes alcalinos, mais raros, são encontrados nas minas de calcário, fábricas de cimentos, usinas de concreto; e. metais pesados: essa categoria abrange cobre, chumbo, zinco, cádmio, cromo, arsênio, mercúrio, vanádio, berilo, bário, manganês etc. As águas que contêm esses elementos são provenientes, quase sempre, de sistemas de beneficiamento e concentração de minerais metálicos e apresentam um agravante quando contaminadas com efluentes de drenagem ácida, como as águas das minas de carvão;
- f) Sólidos dissolvidos: é comum os efluentes das minerações conterem altos níveis de sólidos dissolvidos, tais como cloretos, nitratos, fosfatos ou sulfatos de sódio, calcário, magnésio, ferro e manganês. As maiores fontes de dissolução são as próprias rochas; mas os nitratos podem ser provenientes de explosivos inativos;
- g) Reagentes orgânicos: encontrados nos efluentes do beneficiamento, quando a concentração emprega processos como a flotação, que utiliza coletores, modificadores e espumantes;
- h) Cor: certos elementos têm a característica de alterar a cor da água, o hidróxido de ferro, por exemplo, que empresta coloração vermelha aos efluentes das minerações de ferro;
- i) Sólidos em suspensão: material inerte proveniente das minerações, e sólidos orgânicos provenientes, por exemplo, das minerações de carvão;
- j) Turbidez: está diretamente relacionada à quantidade de sólidos em suspensão, colóides e partículas finas em suspensão na água;
- k) Radioatividade: a ocorrência de radioatividade é verificada principalmente nas barragens de rejeitos das minas de urânio;
- l) Eutrofização: é o processo de enriquecimento artificial de nutrientes, contidos nos efluentes, fosfatos e nitratos, provenientes de determinadas minas. Esses efluentes permitem a reprodução de certos organismos que podem se tornar nocivos, as algas, por exemplo;

m) Desoxigenação: os organismos vivos e aquáticos requerem oxigênio, dissolvido na água, para sua respiração e sobrevivência. São eles:

- OD - Oxigênio dissolvido na água.
- DBO - Demanda bioquímica de oxigênio, isto é, restos orgânicos consomem o oxigênio dissolvido (OD) durante sua decomposição.
- DQO - Demanda química de oxigênio, é outro processo de consumo de oxigênio por causa da oxidação química, ocorrência comum quando envolve minerais sulfetados.

Na mineração, existem duas fontes principais de poluição do ar:

- a) Poluição por particulados: produzidos em virtude da detonação de rochas, movimentação de caminhões e máquinas, ação de ventos nas frentes de lavra, britagem e moagem por ocasião da etapa de beneficiamento dos minérios;
- b) Poluentes gasosos: os principais poluentes gasosos geralmente provenientes da combustão de óleos combustíveis;

As fontes de ruídos existentes nas minerações são várias: detonações, compressores, britadores, moinhos, bombas, locomotivas, tratores, caminhões, ventiladores, exaustores, entre outros. As principais fontes de vibração são as detonações para desmonte de rochas. Outras fontes de menor intensidade são os britadores, máquinas pesadas de terraplanagem, peneiras vibratórias.

2.3.1 PRINCIPAIS MEDIDAS MITIGADORAS

No caso do controle de poluição da água, Os métodos a serem utilizados relacionam-se com a escolha do processo de mineração. Drenagem, desvio de águas da frente de lavra, controle de erosão (compactação, drenagem, replantio), controle de infiltrações, recuperação de áreas mineradas, selagem das minas subterrâneas exauridas e sistemas de disposição controlada das pilhas de rejeito e estéril. Tratamento da água: sempre que possível a água deve ser recirculada dentro do sistema. Deve-se buscar a neutralização de efluentes, decantação e filtragem com a utilização de barragens ^[1].

As formas de controle de poluição do ar são ^[1]:

a) Enclausuramento da fonte poluidora: no caso de sistemas de britagem, este poderá ser confinado em prédio fechado, no sentido de impossibilitar a disseminação de pó na atmosfera exterior;

b) Aspersão de água: no sentido de prevenir a formação de poeiras. Geralmente a água é utilizada nos sistemas de britagem e transporte (correias) e pode ser sob a forma de "spray", usando agentes que facilitem o molhamento para reduzir a formação de poeiras. No caso das vias de transporte, promove-se a pavimentação, imprimação, irrigação, etc;

c) Coletores: implementação de sistemas para coletar as partículas. Os métodos que podem ser utilizados são:

- Gravidade (câmaras fechadas);
- Força centrífuga (ciclones);
- Intersepção (filtragem);
- Eletricidade (atração eletrostática).

d) Controle de Gases: a principal fonte de poluição gasosa, na mineração convencional e não-pontual, é a combustão espontânea do carvão em pilhas de rejeitos. O melhor sistema de controle é dispor o material em camadas compactadas em bancadas. Às vezes promove-se uma cobertura com uma camada não-combustível.

Para o controle de ruídos e vibrações Existem alguns métodos para remediar ou atenuar os efeitos danosos causados pelos ruídos e vibrações. Os principais são ^[1]:

a) Redução do consumo de energia;

b) Isolamento da fonte de ruído e/ou vibração;

c) Promoção de anteparo no sentido de absorver os ruídos, como acontece com o sistema de cortinas arbóreas;

d) Adoção de um plano de controle adequado contra fogo.

A cerca do impulsionamento associado à recuperação das áreas degradadas pela mineração, nota-se que geralmente a necessidade de recuperação de uma área minerada está diretamente relacionada à desativação, total ou parcial, de um empreendimento mineiro .As principais razões para essa desativação podem ser ^[1]:

- a) Exaustão: pode estar relacionada aos custos de produção e sua ligação negativa com o lucro obtido pela venda do minério e/ou concentrado;
- b) Obsolescência: relação com perda de competitividade e/ou por falta de investimentos em pesquisa mineral;
- c) Mercado: flutuação de preços, negativa ao investimento, que pode ocasionar o fechamento temporário;
- d) Impactos ambientais: ligado a fatores de ordem ambiental e relações com as comunidades próximas aos empreendimentos.

Após a identificação dos impactos através do monitoramento ambiental, passa-se à apresentação das metodologias propriamente ditas de recuperação das áreas degradadas.

As medidas de recuperação visam corrigir impactos ambientais negativos, verificados em determinada atividade mineira, e exigem soluções especiais adaptadas às condições já estabelecidas. Essas soluções, geralmente utilizadas em mineração, respaldam-se em observações de campo e literatura técnica e não raramente envolvem aspectos do meio físico. As principais áreas de um empreendimento mineiro onde medidas de recuperação podem ser aplicadas são ^[6]:

- a) Áreas lavradas: algumas das medidas usualmente empregadas são: retaludamento, revegetação (com espécies arbóreas nas bermas e herbáceas nos taludes) e instalação de sistemas de drenagem (com canaletas de pé de talude, além de murundus - morrotes feitos manualmente) na crista dos taludes) em frentes de lavra desativadas. A camada de solo superficial orgânico pode ser retirada, estocada e eutilizada para as superfícies lavradas ou de depósitos de estéreis e/ou rejeitos. A camada de solo de alteração pode ser retirada, estocada e reutilizada na construção de diques, aterros, murundus ou leiras de isolamento e barragens de terra, remodelamento de superfícies topográficas e paisagens, contenção ou retenção de blocos rochosos instáveis, redimensionamento de cargas de detonação em rochas e outras.
- b) Áreas de disposição de resíduos sólidos: as medidas usualmente empregadas são: revegetação dos taludes de barragens (neste caso somente com herbáceas) e depósitos de estéreis ou rejeitos, redimensionamento e reforço de barragens de rejeito (com a compactação e sistemas de drenagens no topo); instalação, à jusante do sistema de drenagem da área, de caixas de sedimentação e/ou novas bacias de decantação de rejeitos; redimensionamento ou

construção de extravazores ou vertedouros em barragens de rejeito; tratamento de efluentes (por exemplo: líquidos ou sólidos em suspensão) das bacias de decantação de rejeitos; tratamento de águas lixiviadas em pilhas de rejeitos ou estéreis; tratamento de águas subterrâneas contaminadas.

c) Áreas de infra-estrutura e circunvizinhas: algumas medidas possíveis são: captação e desvio de águas pluviais; captação e reutilização das águas utilizadas no processo produtivo, com sistemas adicionais de proteção dos cursos de água naturais por meio de canaletas, valetas, murundus ou leiras de isolamento; coleta (filtros, caixas de brita, etc.) e tratamento de resíduos (esgotos, óleos, graxas); dragagem de sedimentos em depósitos de assoreamento; implantação de barreiras vegetais; execução de reparos em áreas circunvizinhas afetadas pelas atividades de mineração, entre outras.

No contexto atual, é pertinente transcorrer a cerca da desativação do empreendimento mineiro, aqui tratada como a última etapa do mesmo, assumindo função essencial no quadro geral das políticas e ações de recuperação ambiental na área minerada.

As estratégias de desativação de uma mineração são classificadas em ^[1]:

a) Estratégia corretiva: visa remediar um problema após sua identificação e diagnóstico. É um reconhecimento do problema, caracterizando ou formulando o mesmo em termos claros e compreensíveis, pelos interessados. Ação planejada e sistematizada prevendo intervenções necessárias para identificar os locais potencialmente poluídos antes que sejam descobertos pela população ou causem danos ambientais significativos.

b) Estratégia preventiva objetiva: eliminar passivos ambientais quando da desativação de um empreendimento industrial; evitar que problemas, como a contaminação de solos e de aquíferos se repitam quando do encerramento das atividades atualmente existentes. Apesar do acúmulo de passivos durante a vida útil da mina, estes devem ser reduzidos ou eliminados quando da desativação do empreendimento. Essa estratégia depende de um plano de desativação, um plano de recuperação de áreas degradadas e descomissionamento das instalações com as respectivas estimativas de custos.

c) Estratégia proativa: evita a acumulação de passivos ambientais durante a operação da mina e minimiza os impactos durante o ciclo de vida desta. Prevê a utilização temporária do solo pensando em novos usos para ele. Considera o planejamento do fechamento e cria a concepção de ciclo de vida de um empreendimento o qual começa na concepção do

empreendimento - Avaliação do Impacto Ambiental - aliado a programas de gestão ambiental. Planeja medidas gestoras durante a fase de operação e medidas que deverão ser tomadas quando da desativação. Também planeja a desativação no período que antecede a fase de implantação e os revisa periodicamente ou a cada vez que o empreendimento é modificado ou ampliado.

A figura 09 mostra casos de revegetação, evidenciando inclusive o bom efeito paisagístico da recuperação das áreas degradadas pela mineração. Dessa forma, a recuperação de áreas degradadas apresenta uma possibilidade adicional de aproveitamento inteligente e ecologicamente correto das áreas pós-mineradas.



Mineração de carvão a céu aberto na Alemanha revegetada

Figura 09 – Exemplos de áreas revegetadas.

2.4 DESATIVAÇÃO DE MINA

E quanto aos procedimentos específicos para a desativação dos empreendimentos mineiros, vale ressaltar que visam caracterizar a situação em que se encontra o empreendimento assim como definir o melhor caminho para a desativação deste, considerando a necessidade de medidas de recuperação ambiental e monitoramento. De forma genérica, esses procedimentos podem ser classificados da seguinte forma ^[1]:

- a) Objetivos da reutilização da área minerada: estudos de viabilidade econômica e ambiental.
- b) Caracterização preliminar do sítio minerado: localização dos sítios com problemas potenciais e verificação do entorno do sítio minerado para detectar potenciais fontes externas de poluição.

- c) Caracterização detalhada do sítio minerado: objetiva caracterizar os tipos, quantidades de resíduos e eventuais contaminações presentes. Inventariar instalações, equipamentos e resíduos. Investigar solos e águas e estabelecer quantitativos para estimativas dos custos de recuperação ambiental.
- d) Plano de desmontagem e recuperação ambiental: desmontar sistemas elétricos e hidráulicos; instalar sistemas mecânicos; remover resíduos sólidos; desmontar ou demolir edificações, preencher escavações; aterrar; nivelar e terraplenar e triar resíduos.
- e) Obtenção de aprovação legal e consulta pública: licença e autorização governamental. Consulta pública caso as obras causem impactos negativos às comunidades circunvizinhas.
- f) Licitação e contratação: trabalho realizado por terceiros: contrato escrito com a intenção de responsabilizar empreiteiras no caso de não cumprimento do plano de desmontagem e recuperação ambiental.
- g) Execução, acompanhamento e fiscalização: manter estrito controle das atividades durante as fases de desmontagem e recuperação ambiental.
- h) Ensaios comprobatórios: análise de águas e solos para comprovação de descontaminação. Manutenção de adequado monitoramento.
- i) Relatório final e documentação: relato dos trabalhos executados e histórico do uso da área.

Como todas as fases do projeto de mineração, a recuperação das áreas por ela degradadas possui custos definidos. a identificação, a avaliação da importância relativa e o monitoramento dos impactos ambientais, no sentido de minimizá-los, eliminá-los ou administrá-los de modo a proteger efetivamente o meio ambiente, devem ter seus custos incorporados aos estudos de viabilidade econômica do projeto.

Por outro lado, existe a necessidade de pensar em meio ambiente e suas correlações econômicas no início dos projetos mineiros, pois nesse momento as empresas estão capitalizadas e o meio ainda não foi degradado; além de possibilitar a execução de estudos ambientais simultâneos a outros. Esse trabalho se justifica pelo fato da maioria das empresas, especialmente as de pequeno e médio porte, se preocuparem com a recuperação das áreas degradadas somente ao final do empreendimento. Essa prática resulta inevitavelmente na duplicidade de operações dos trabalhos de recuperação ambiental. Esses trabalhos poderiam

ser realizados durante o período produtivo da mina, mediante um plano de recuperação simultâneo à lavra ^[1].

É importante também que seja dada uma abordagem seqüencial à recuperação de áreas degradadas pela mineração, como forma de se estruturar, executar e avaliar o plano de recuperação, de modo que possa verdadeiramente atender aos seus principais objetivos propostos.

O sucesso do processo de recuperação, para que além de atender aos aspectos ambientais e legais, também proporcionem vantagens sócio-econômicas, dependerá da realização de diversos procedimentos. Inicialmente, deve ser feita uma avaliação do RIMA e do Plano de Fechamento da mina, que contempla o PRAD, para que possam ser revistos os objetivos iniciais. Verifica-se a necessidade de alterações resultantes das atividades de exploração e da própria evolução da pesquisa durante o período de exploração. Devem ser respeitados as exigências legais e orientar-se pelas mudanças propostas necessárias identificadas por esses dois documentos, nessa fase que pode ser considerada de pré-planejamento, posto ser nela que serão preparados os planos de recuperação. Nele, deve conter uma orientação, passo a passo, para os procedimentos que serão empregados para recuperar as áreas degradadas pela mineração e atividades correlatas, devendo obedecer às seguintes e principais etapas, que deverão ser realizadas de forma cronológica ^[17]:

a) Caracterização do local: as propriedades físicas e químicas da área do distúrbio, dentro de um particular cenário ambiental, influencia significativamente o planejamento e a prática de recuperação propriamente dita, podendo significar o sucesso dos procedimentos. A caracterização do local, usualmente, inclui análises das condições climáticas, das condições geológicas, da topografia, dos solos, da vegetação e da hidrologia. Sabe-se que o sistema ambiental possui funções abertas e inter-relacionadas entre seus componentes. Desta forma, mudanças nas características destes locais, podem ter ramificações ao longo do tempo. É necessária uma abordagem segmentada de cada um dos principais fatores envolvidos, analisando as áreas de influência direta e indiretamente afetadas;

b) Planejamento da recuperação: para que os objetivos sejam atingidos com sucesso, a condição ideal exige que as estratégias de recuperação sejam finalizadas antes da perturbação do solo, considerando-se, principalmente: 1) as prováveis e possíveis conseqüências da perturbação; 2) o projeto de gerenciamento de regras que facilitem a recuperação; e 3) a avaliação de alternativas de práticas de recuperação, para suprir eventualidades; ou seja,

devem ser traçadas as conseqüências, as metas de recuperação (inclusive a definição do uso futuro) e conhecidos os requisitos legais;

c) Administração do material: todos os custos de exploração, escavação, transporte e colocação de estéreis em áreas de empréstimo e a sua futura recolocação nas áreas já mineradas, devem ser analisados com a devida antecedência, visando a economia de recursos e riscos ambientais provenientes da interrupção dos procedimentos de recuperação. Devem ser detectados para cada tipo de procedimento de recuperação, que irão variar de acordo com a atividade e o estágio em que se encontram os processos de degradação. No caso da mineração, devem ser observados os seguintes procedimentos: 1) a caracterização dos estéreis, tanto para possível uso durante o processo de revegetação, como para se avaliar a qualidade da água; 2) a alcalinidade ou a acidez provenientes da camada de estéril; 3) nutrientes extraíveis; 4) as propriedades físicas e litológicas dos estéreis; 5) o plano de fechamento da mina; 6) o isolamento de materiais tóxicos, de metais pesados e a concentração de sais, que caso seja alta, resulta em elevada condutividade elétrica do sistema; 7) a composição e a formulação do “topsoil” substituto; e 8) análise de custos do manuseio do material;

d) Retirada do *topsoil* ou provisão de um apropriado que o substitua: quanto melhor for a qualidade do *topsoil*, mais rápido será o crescimento da vegetação utilizada no processo de revegetação, evitando inclusive, a origem de processos erosivos e diminuindo os impactos ambientais. Durante esse procedimento, deve-se minimizar a área decaçada, removendo apenas o necessário. Essa atitude ajuda a reduzir os custos requeridos à recuperação. É aconselhável que possua pelo menos 25 cm e recebam calagem e adubação, durante a sua recolocação;

e) Recomposição topográfica e paisagística: refere-se ao preparo do relevo para receber a vegetação, objetivando uma forma estável e adequada para o futuro uso do solo. A grande maioria das paisagens natural é formada por bacias hidrográficas, compostas de encostas e linhas de fluxos, arrançadas de forma espacial, para que de uma forma eficaz, transportem água e sedimentos. A perturbação do solo rompe esse equilíbrio dinâmico, causando disparidades entre forças e resistências, acelerando as taxas dos processos erosivos. Dessa forma, a reconstrução topográfica deve recriar uma situação que permita um relativo equilíbrio, entre os processos e as pedopaisagens, entre forças e resistências. Devem ser observadas: 1) as exigências legais; 2) a declividade dos taludes (o ideal seria que o terreno

ficasse plano ou com pouca declividade) de tal forma que reduzam os riscos de erosão e proporcionem a estabilidade do solo e dos taludes. Em terrenos com declividade superior a 20%, devem ser construídas bancadas (fatia horizontal que se lavra em uma mina, caracterizada por uma berma e um talude), com uma leve inclinação para dentro, ou seja, da crista do talude inferior para a base do talude superior. Ao longo da berma da bancada, em seu sentido longitudinal, a declividade não deve ultrapassar 2%, sendo necessário o seu direcionamento até atingir os canais de drenagem que conduzam as águas resultantes do escoamento superficial até a base do talude, sendo reconectadas ao sistema regional de drenagem. Em solos argiloso e pouco erodíveis, têm sido possível remoldar a superfície de taludes com até 40% de declividade, sem a construção de bancadas; 3) a dinâmica das linhas de fluxo, considerando suas formas e dimensões; 4) a reconstrução da bacia hidrográfica (na medida do possível, devem ser pequenas em área e suaves no relevo); 5) o uso futuro previamente definido (caso seja para a manutenção da vida selvagem, construir murundus (até 1 a 2 m de altura) e algumas depressões pequenas, suaves e rasas, durante a obra de terraplenagem, visando a acumulação de água: tais elementos contribuem para a atração de animais; 6) o tipo de equipamentos a serem empregados; e 7) os aspectos paisagísticos e estéticos, que deverão preservar as paisagens de destaque, como parques e reservas. Também, manter alguma similaridade com o relevo anterior, podendo, inclusive, melhorar e complementar a paisagem com o remanejamento do relevo e a introdução de novas plantas e espécies arbóreas;

f) Manipulação do solo de superfície: é realizada após a reconstrução topográfica e a recolocação do *topsoil*, processo denominado preenchimento, que resulta na inversão de horizontes. Devido ao grande número de inter-relações existentes entre as características do substrato remanescente, do solo recém-constituído e o processo de revegetação, que é a meta a ser alcançada e o principal objetivo da recuperação, é necessário que se conheça profundamente o material existente na área que será recuperada. Geralmente, ocorre a compactação do substrato, particularmente, pelo uso intenso de máquinas pesadas durante o aplainamento da superfície, sendo necessária a escarificação ou subsolagem do substrato previamente ao plantio. A espessura do *topsoil* deve ser definida de acordo com o volume disponível para determinada área, devendo ser regular e disposta de tal forma que cubra toda a superfície, obedecendo a conformação topográfica. A superfície recuperada deve ser modificada de forma a facilitar o gerenciamento das águas e o controle da erosão. Deverá haver cuidados suficientes de tal forma a evitar a contaminação do lençol d'água,

particularmente quando os estéreis ou rejeitos contiverem substâncias que possam comprometer a qualidade da água. Nesses casos, sempre que possível, depositar uma camada de argila sobre os componentes contaminantes de tal forma a isolá-los da camada fértil do solo, evitando a contaminação ambiental. A argila pode ser usada, também, sobre outros tipos de estéreis mais pobres para favorecer a revegetação;

g) Correção do solo: podem ser usadas várias combinações de calcário, gesso, fertilizantes inorgânicos e materiais orgânicos. A aplicação da correção depende de cinco fatores: “1) das propriedades físicas e químicas do solo; 2) do regime climático local; 3) da topografia e acessibilidade do local; 4) do tipo vegetativo a ser restabelecido e o uso do solo pós-recuperação; e 5) da conformidade com as regulações exigidas”. Deve ser feito o controle do pH do solo e aplicação de fertilizantes. Dadas essas condições iniciais e sendo adequadas com relação aos nutrientes, a produtividade em longo prazo do sistema solo-planta, dependerá de dois processos importantes: 1) acumulação de matéria orgânica e de nitrogênio; e 2) estabelecimento de um depósito de P orgânico, para que possa ocorrer uma mínima absorção de P pelas plantas;

h) Revegetação: é a meta principal da recuperação, resultando em benefícios secundários desejáveis, estéticos e na qualidade da água. As metas de revegetação variam do simples controle de erosão, até a complexa restauração de comunidades nativas. As abordagens e métodos empregados devem ser específicos para cada região, local e uso futuro do solo. São os seguintes princípios básicos: 1) seleção de materiais e plantas - deve ser feito um levantamento florístico ou fitossociológico e, as espécies nativas adaptadas devem ser as preferidas, devendo lembrar que solos com distúrbios são muito diferentes de solos em condições naturais. Dessa forma, espécies exóticas podem ser mais bem sucedidas que espécies nativas, particularmente quando as condições do solo resultam de situação de distúrbio. O banco de semente de espécies nativas, contidas no *topsoil* ou na camada de *litter*, apresenta ganhos diretos e são utilizados para prover o material localmente adaptado para as plantas; 2) preparação das sementeiras; 3) observar as técnicas de semeadura de acordo com as espécies; e 4) utilização de cobertura morta (*mulching*). i. Irrigação (caso necessário): em locais que apresentam condições climáticas irregulares, deve ser incluído o procedimento de irrigação durante o estabelecimento das mudas;

j) Monitoramento e manutenção: o gerenciamento do solo depois da recuperação, inclui monitoramento local e manutenção, quando serão avaliados os recém construídos sistemas

ambientais e sua integração com a circunvizinhança. Devem ser usados indicadores e informações do banco de dados. Merecem atenção especial: 1) a quantidade, a qualidade e o controle da água de superfície e de sub-superfície; 2) a quantidade e a qualidade da cobertura vegetal, ou seja, o volume de biomassa e a diversidade, sendo necessário em alguns casos refazer a semeadura ou o plantio; 3) as taxas de processos geomorfológicos, como movimento de massas e erosão. Caso necessário, realizar a manutenção dos terraços em camalhões, taludes de bancadas e das obras de drenagem; 4) observar sintomas de deficiência nutricional (realizar adubação de cobertura) ou toxidez pelo excesso de algum elemento; 5) diagnosticar e realizar o controle de pragas e doenças; 5) não permitir pastoreio nos dois primeiros anos para favorecer a sementação para germinação natural no ano seguinte; 6) realizar o coroamento das espécies arbóreas; 7) realizar incorporação de vegetação morta ou outras matérias orgânicas para promover a melhoria na estrutura do solo; e 8) manejar adequadamente a predominância das espécies desejadas.

É fundamental que se proceda então a avaliação das ações que compõem todo o programa de recuperação ambiental na mineração, com vistas a corrigir possíveis falhas, as quais não poderão comprometer o êxito final do trabalho.

O acompanhamento, a fiscalização e a avaliação dos resultados da implantação de medidas de recuperação ambiental em minerações de areia são raramente implementados de modo sistemático. As razões para a pouca importância atribuída à etapa de acompanhamento dos projetos são múltiplas. Uma delas é a dificuldade de se estabelecerem parâmetros ou critérios para avaliação do desempenho das empresas ao executarem a recuperação de áreas degradadas^[9].

2.5 NOVA UTILIZAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Atribuir uma nova utilização às áreas degradadas pela mineração é uma premissa essencial no contexto da recuperação ambiental, configurando-se na possibilidade real de imprimir à área degradada uma destinação de abrangência geral para a comunidade local, diretamente impactada desde outrora pelo empreendimento mineiro.

Muitas empresas mineradoras têm usado como alternativa de destinação à nova área recuperada a adoção de áreas de preservação ambiental, como a implantação de Reservas Particulares do Patrimônio Nacional (RPPN), como medida compensatória de impactos ambientais e criação de espaços para educação ambiental. Tal postura aproxima a empresa da

comunidade, melhorando a imagem institucional. Entretanto, para DIEGUES (1997), deve-se considerar que a imposição de áreas de conservação pode ser vista por essas comunidades, como na maioria das vezes o é, um ato de força, modificando o seu modo de vida e a sua relação com a natureza. A população local não se preocupa tanto com a preservação permanente, quando necessita, as empresas, paternalmente, adotam esta estratégia porque julgam esse tipo de área de proteção ambiental, a RPPN, mais importante que a recuperação ambiental de sua própria área degradada pela mineração, inclusive, em diversas situações, beneficiando-se do “*marketing verde*”. Essa prática de cercar uma área e declará-la como uma RPPN é muito mais barata que reabilitá-la para novo uso econômico, o que implicaria em custos elevados de reconstrução topográfica e revegetação direcionada (cultivos) ^{[9] [16]}.

Nesse sentido, a figura 10 mostra as principais opções para a recuperação de áreas ocupadas por atividades de mineração.

Pela análise da figura 10, percebe-se a diversidade de novos usos que podem ser dados a uma área de mineração, após o término da mesma, fato amplamente demonstrado pelos exemplos citados a seguir e que reforçam o argumento de que o potencial recuperador da mineração é proporcional ao seu potencial transformador dos ambientes.

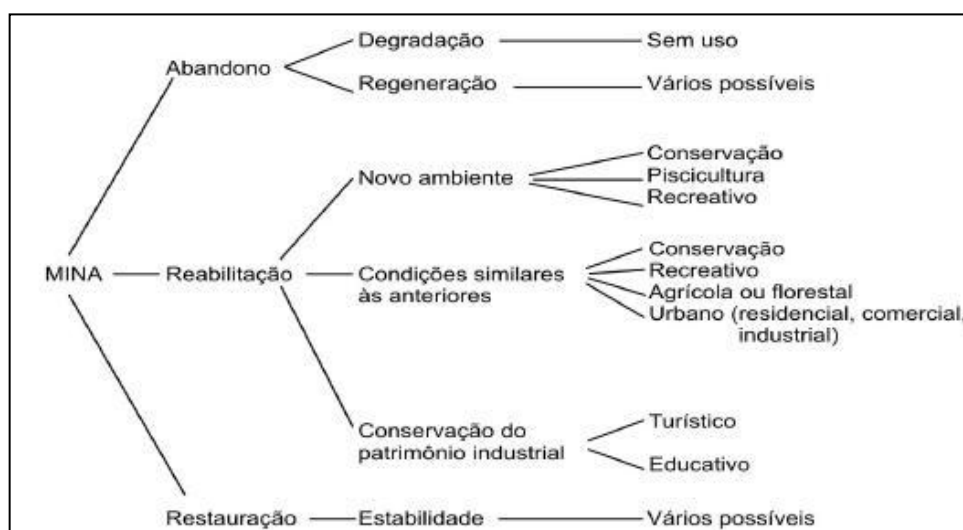


Figura 10 - Recuperação de áreas degradadas pela mineração e usos possíveis ^[1].

A figura 11 apresenta alguns casos concretos de recuperação de áreas degradadas pela mineração, ressaltando os usos futuros para a área pós-minerada.

Observando-se a figura 11, nota-se o quão é elevada a capacidade recuperadora da mineração, bastando para isso o cumprimento por parte dos gestores do empreendimento para

os ditames da lei, que contempla de forma clara essa nova destinação para as áreas anteriormente mineradas, especialmente no tocante à edificação de ambientes de serventia social, contribuindo assim para a continuidade do exercício da função social da mineração.

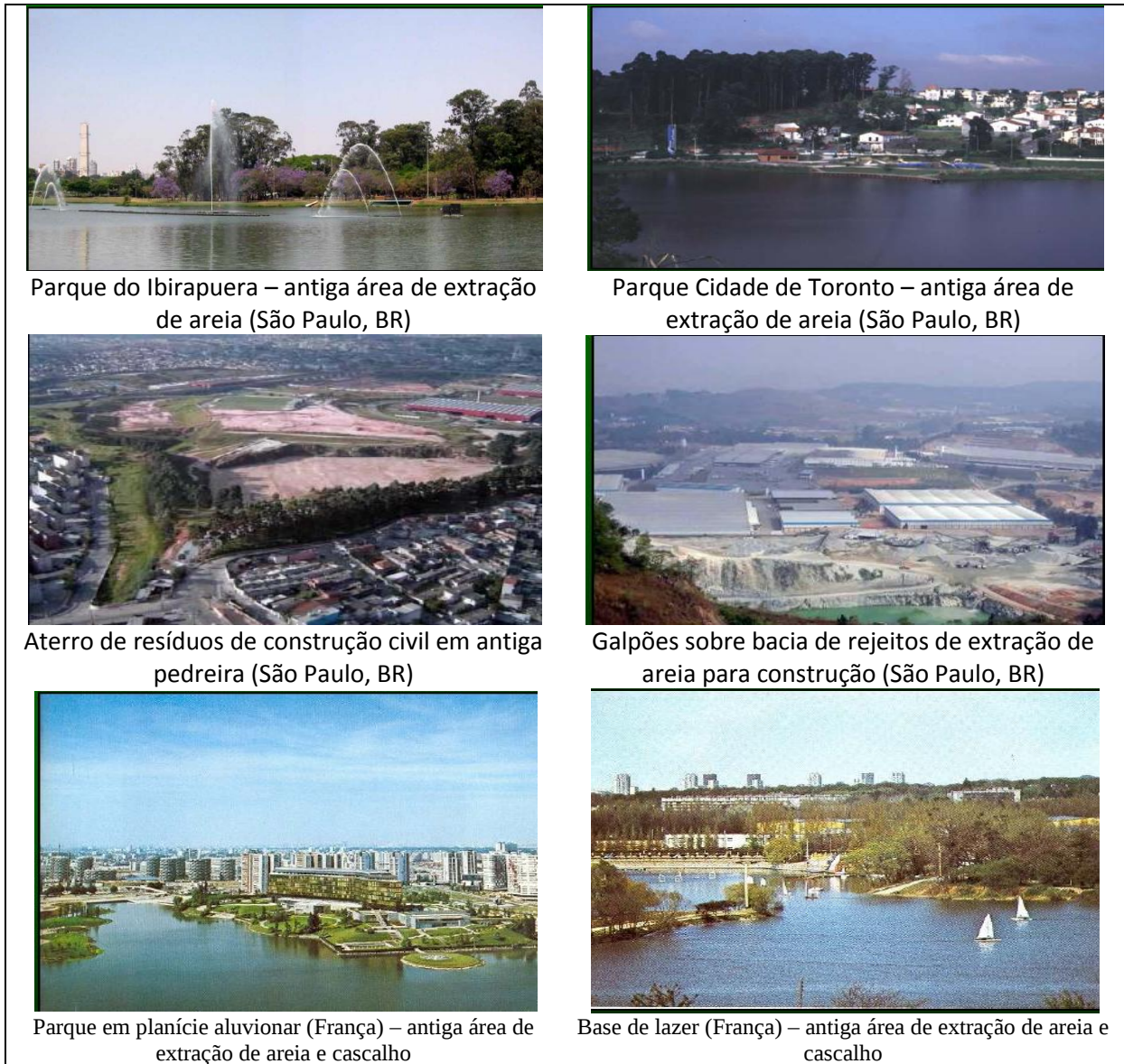


Figura 11 – Casos bem sucedidos de nova destinação de áreas degradadas pela mineração.

O sucesso de um programa de revegetação pode ser avaliado segundo diferentes pontos de vista. O aspecto geral da vegetação, o porte dos indivíduos arbóreos, a diversidade do sub-bosque etc. podem ser critérios de fácil julgamento aos olhos do especialista ou do profissional experiente, mas são pouco úteis para fins de gestão ambiental. Essa avaliação pode ser feita mediante o uso de indicadores de desempenho. Para isso, devem ser recolhidos parâmetros que forneçam uma informação agregada e sintética sobre algum aspecto da própria vegetação ou do solo. Através deles, pode-se verificar a eficiência da cobertura

vegetal na proteção dos solos, a produtividade dos ecossistemas ou mesmo sua função como refúgio da vida silvestre. Idealmente, os indicadores de desempenho deveriam ser objetivos, facilmente mensuráveis, reproduzíveis e passíveis de serem obtidos a baixo custo. Uma das vantagens do uso de indicadores é que possibilita fácil compreensão e interpretação dos dados por parte de diferentes categorias de interessados, como empresários, agentes públicos e comunidade em geral. Há inúmeros parâmetros que podem ser utilizados como indicadores, mas o grande desafio é desenvolver ou adaptar critérios válidos para monitorar e avaliar a funcionalidade da área, bem como discriminar os indicadores que forneçam as informações desejadas com exatidão e a custos aceitáveis. Há que se buscar também outros indicadores específicos para cada situação e cada ambiente a ser recuperado, sendo improvável que se possam desenvolver apenas indicadores de uso universa^[9].

Pensar o uso futuro para as áreas pós-mineradas é uma forma de garantir as condições adicionais, caso necessário, capazes de justificar o arcabouço de medidas que compõem os métodos e técnicas de recuperação das áreas degradadas pela mineração.

CAPÍTULO 03 ASPECTOS LEGAIS DA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO

O capítulo que aqui se inicia é dedicado à discussão no universo legal associado à mineração. Notadamente, tratam-se das leis editadas cujo objeto direto é disciplinar a questão ambiental da mineração, melhor dizendo, retomam-se as leis cujo foco é induzir a recuperação ambiental por parte dos empreendimentos mineiros.

É válido esclarecer que o tratamento dado às questões legais não o é em termos meramente interpretativos da lei, mas sim a partir do entendimento dos desdobramentos de tal interpretação, o que, de maneira essencial permite a análise do Plano de Recuperação e Áreas Degradadas (PRAD), não isoladamente, mas em paralelo com o Plano de Fechamento de Mina.

3.1 APRESENTAÇÃO DOS DISPOSITIVOS LEGAIS

Relacionado com outros países, o Brasil começou a legislar sobre a questão ambiental na mineração, de maneira relativamente tardia, mas tem conseguido estruturar um arcabouço de leis considerável sob o aspecto da sustentabilidade ambiental, por considerarem (as leis) a necessidade da viabilidade ambiental em todas as etapas do empreendimento mineiro como uma de suas maiores condições de existência ^[10].

Por ser a mineração uma atividade causadora de impacto ambiental, a importância da recuperação das áreas degradadas por essa atividade tem sido ressaltada em vários trabalhos. Por outro lado, a atividade mineral é plenamente lícita e tem gerado inúmeros recursos para os municípios e estados, sendo que desde o Brasil Colônia, tal atividade tem papel importante na economia do país. Convém ressaltar, entretanto, que durante o regime imperial não havia tratamento legal sobre tal atividade ^[10].

Os recursos minerais são bens da União, de acordo com a Constituição Federal a quem compete legislar sobre eles. Atualmente, o Decreto-lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração) e a legislação correlata constituem-se nos pilares legais da atividade mineral, sendo a administração de recursos minerais realizada pela União através do Departamento Mineral do Ministério das Minas e Energia. Convém ressaltar, que a Constituição Federal de 1988, também passou a regulamentar devidamente a atividade mineral. Consoante se percebe o art.20, IX da referida Carta Magna, que prescreve que os recursos minerais, inclusive os do subsolo são bens da União, sendo que o art. 22, XII

complementa que compete privativamente à União legislar sobre jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia. No que concerne a questão ambiental, a Lei Maior passou a tratá-la de forma mais específica, principalmente em relação à exploração e recuperação de áreas degradadas pela mineração ^[10].

Complementariamente, a Constituição Federal do Brasil estabelece ^[18]:

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 a presente e futuras gerações.

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a 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.

Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.

Art. 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

VIII - Recuperação de áreas degradadas

Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989 - Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, Inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

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 de Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente o 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 de áreas degradadas.

Art. 2º - Para efeito deste Decreto são considerados como degradação 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 à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.

A legislação federal brasileira reconhece o potencial poluidor da mineração, e com a mesma eficácia estabelece as diretrizes para a recuperação das áreas degradadas pela mineração, pautadas, sobretudo, na compensação ambiental e na sustentabilidade ambiental da mineração.

3.2 PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: GENERALIDADES

No Brasil, a partir de 1989 todas as empresas de mineração são obrigadas a apresentar ao órgão ambiental um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), documento que preconiza a adoção de procedimentos para estabelecer ou restabelecer a cobertura vegetal nas áreas degradadas, prática conhecida como revegetação. No entanto, na implementação das medidas propostas nos PRADs é freqüente a ocorrência de dificuldades relativas ao manejo do solo e das plantas, que chegam a comprometer o sucesso da revegetação. Embora a exigência legal de recuperar áreas degradadas pela mineração já vigore há vários anos, subsistem dificuldades de ordem técnica, gerencial e econômica para levar a cabo adequadamente as tarefas de recuperação. Os procedimentos descritos nos PRADs muitas vezes não são seguidos na prática; em outros casos, seus resultados ficam aquém do esperado. Existem ainda empresas que almejam implantar projetos efetivos de recuperação ambiental, mas falta-lhes o conhecimento técnico para realizá-los com eficiência, especialmente no que se refere aos procedimentos de revegetação ^[11].

Vale ressaltar, contudo, que não se busca no presente trabalho, direcionar a abordagem para os elementos constitutivos do PRAD e sim, para sua concepção enquanto programa e, em maior grau, para sua função dentro do projeto de mineração.

A obrigação fundamental imposta aos titulares de concessões de lavra no Brasil, com relação ao fechamento das minas, é que eles promovam a reabilitação das áreas impactadas pelas atividades da mineração, de acordo com um PRAD previamente elaborado e aprovado pelo órgão governamental competente. A exigência da apresentação obrigatória do PRAD

fundamenta-se no princípio de que as áreas ambientalmente perturbadas pelas atividades de mineração devem ser devolvidas à comunidade ou ao proprietário superficiário nas condições desejáveis e apropriadas ao retorno do uso original do solo ou naquelas necessárias para a implantação de outro uso futuro, desde que escolhido por consenso entre as partes envolvidas e afetadas pela mineração. O preceito legal estabelece que o PRAD deve considerar a solução técnica adequada, visualizada pela empresa de mineração, para reabilitar o solo, eventualmente degradado pela atividade de mineração, para uso futuro. O plano aprovado pode ser revisto ou alterado, com a concordância do órgão ambiental competente para sua aprovação, para incorporar inovações tecnológicas ou outras ações alternativas que se mostrem mais adequadas ao processo de reabilitação, à medida que se desenvolvem as atividades de lavra e beneficiamento ^[11].

É necessário também estabelecer uma relação entre o PRAD e o Plano de Fechamento de Mina, até pela natureza e finalidades próximas que ambos apresentam.

Um plano de fechamento de mina deve atender às exigências legais, levando em consideração, ao mesmo tempo, as características ambiental, econômica e social específicas de uma mina e de seu entorno, das operações e de toda a infra-estrutura de apoio que integra o projeto de mineração. Portanto o conteúdo dos planos de fechamento sofre variações, para contemplar características locais específicas de cada projeto. Entretanto é possível estabelecer um conteúdo básico que fundamente a estrutura de todos os planos de fechamento. A comparação dos conteúdos dos PRADs por atividades de mineração selecionados com o conteúdo de um Plano Básico de Fechamento de Mina conduziu às seguintes constatações ^[11]:

Os objetivos dos PRADs são bastante semelhantes, em termos gerais, àqueles propostos nos planos de fechamento de minas. Ambos os instrumentos colocam como, objetivo amplo, a garantia da segurança e da saúde pública, através da reabilitação das áreas perturbadas pela mineração, de modo a retorná-las às condições desejáveis e necessárias à implantação de um uso pós-mineração previamente eleito e socialmente aceitável. Entretanto os meios propostos, para se alcançarem os objetivos divergem muito entre os instrumentos analisados.

Há consenso que, em princípio, o envolvimento público nos processos de tomada de decisão, implantação de ações e gerenciamento do processo de recuperação de áreas impactadas pela mineração é importante fator para firmar na comunidade o sincero envolvimento da empresa com as questões que lhe afetam e com a proteção ambiental, assim

como para demonstrar sua habilidade para conduzir seus negócios de maneira ambientalmente responsável e melhorar continuamente a qualidade das decisões tomadas, com respeito ao gerenciamento ambiental ^[11].

Devido à ausência da adoção de critérios para a avaliação do sucesso (ou insucesso) do processo de fechamento de mina no Brasil, a maioria dos PRADs não especifica ou menciona os indicadores que serão adotados para demonstrar a conclusão, com sucesso, do processo de reabilitação das áreas ambientalmente alteradas durante a operação da mina. A ausência desses critérios e de uma metodologia para especificá-los é observada, tanto na esfera governamental, quanto no âmbito das empresas de mineração.

O objetivo final de um plano de fechamento de mina é alcançar um ponto onde a companhia demonstre ter concluído, com comprovado sucesso, todas as metas (legais, sociais, ambientais e técnicas) acordadas com as autoridades competentes e comunidades envolvidas, de acordo com um conjunto de critérios previamente enumerados e adotados para essa avaliação.

A expectativa é que os órgãos governamentais aceitem o desempenho das empresas como satisfatório, liberando-as das responsabilidades por elas assumidas. Conseqüentemente, é de se supor que a responsabilidade pela neutralização de qualquer dano ambiental potencial que venha a eclodir na área, no futuro, e os custos da implantação das medidas mitigadoras necessárias, recairão nas contas do Estado ou sobre o proprietário superficiário subsequente. Em adição, as companhias de mineração acreditam que, amparados por leis ambientais e civis tolerantes, se eximirão de responsabilidades por danos futuros, mas cujas origens encontram-se nas ações ou omissões por elas praticadas no passado ^[11].

O diálogo entre os PRAD e o plano de fechamento de mina muito contribui para a percepção do processo de recuperação de áreas degradadas de forma sistêmica e prática. Dessa forma, é pertinente afirmar que o plano de fechamento atua fortemente na oportunização do PRAD.

CONCLUSÃO

Como uma atividade antrópica, a mineração causa impactos sobre o meio ambiente, os quais são maximizados não só pela escala de produção, mas também pela natureza dos processos desenvolvidos, fato amplamente demonstrado pelos impactos negativos ao meio ambiente também verificado nas minerações de menor porte. O nível de tecnologia empregado no empreendimento é decisivo para mensurarem-se os impactos ambientais do mesmo. Contudo, existem exemplos concretos da relação harmônica entre a mineração e o meio ambiente, inclusive durante a operação da mina, materializando-se assim o desenvolvimento sustentável.

Nas operações que integram o desenvolvimento, a lavra e o beneficiamento mineral, os impactos ambientais são bem pronunciados, inclusive em função dos eventos ocorridos em tais operações, fato que auxilia na quantificação e qualificação dos impactos e na conseqüente formulação de práticas específicas de recuperação das áreas degradadas pela mineração, que como uma importante fase do projeto mineiro deve possuir alocação de recursos financeiros, humanos e tecnológicos.

A observância das disposições da legislação ambiental aplicada à mineração, notadamente dos dispositivos legais que estabelecem e regulamentam a recuperação das áreas degradadas, mostra-se uma necessidade e até uma condição de existência para os empreendimentos mineiros, que não se restringirão ao cumprimento da legislação, mas configuram-se no exercício da responsabilidade sócio-ambiental por parte da mineração.

O fechamento de mina é altamente oportuno para criar as condições favoráveis à execução do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), mesmo não sendo necessário que se chegue ao fim do empreendimento mineiro para realizar-se a recuperação. É possível lavrar uma frente enquanto recuperam-se as lavradas anteriormente, de acordo com as técnicas mais convenientes.

PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma possibilidade de desenvolvimento de trabalhos futuros, sugerida a partir do levantamento apresentado por este trabalho, seria uma maior investigação das condições técnico-econômicas para o desenvolvimento dos métodos e técnicas de recuperação ambiental na mineração em simultaneidade com a operação de mina, em um estudo teórico-prático edificado em uma abordagem metodológica concisa.

Ainda no contexto da proposição de desenvolvimentos futuros, mostra-se como alternativa interessante de pesquisa, o paralelo existente entre o arcabouço legal que ampara a recuperação ambiental em simultaneidade ao desenvolvimento do projeto mineiro (em novas frentes de lavra próximas) e em consonância com o plano de fechamento de mina.

Finalmente, propõe-se ainda que as técnicas de recuperação ambiental das áreas degradadas pela mineração possam ter suas metodologias de aplicação simuladas a partir de técnicas específicas de estudo, assim propõe-se a melhor organização e sistematização das mesmas a partir do maior detalhamento do estudo com esse propósito definido

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRUM, I. S. de. Recuperação de áreas degradadas pela mineração. Salvador, 1999. 35 p. Monografia (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria Departamento de engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1999.
- [2] INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Mineração e meio ambiente. Brasília: IBRAM, 1992. 126p
- [3] SILVA, A. C., VIDAL, M., Godoi, M. P. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. Rev. Escola de Minas. 54(2):60-65.
- [4] COELHO, José Mário. Mineração e meio ambiente no Brasil; Relatório preparado para o CGEE/PNUD. Brasília, 2002.
- [5] MONTEIRO, M. A., Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. In: Estudos Avançados. [on-line]. 2005, vol.19, n. 53, 187p. Acesso em 26/ago./2005. Horário: 23h20min. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142005000100012&lng=pt&nrm=iso>.
- [6] OLIVEIRA Jr., O.A. Mineração – Meio Ambiente: Revisitando e aprofundando conceitos – Apresentando idéias. Monografia do Curso de lavra à céu aberto. Escola de Minas/UFOP. Maio 1993.
- [7] BRUM, I.A.S., CARVALHO, I.G., OLIVEIRA Jr., J.B. e CASSA, J.C. Mineração e meio ambiente – Uma avaliação do Estado da Bahia/Brasil. TecBahia – Revista Baiana de Tecnologia, Camaçari, V II, n. 03, p.216- 226, Set./Dez.1996.
- [8] OLIVEIRA Jr. J.B. Custos associados à proteção ambiental na mineração. Lisboa, 1992, 127p. Dissertação (Mestrado em Mineralurgia e Planeamento Mineiro). Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa. Setembro 1992.
- [9] DIAS, E. G.C.S. Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) Universidade de São Paulo.
- [10] REGENSBURGER, B. Recuperação de áreas degradadas pela mineração de argila através da regularização topográfica, da adição de insumos e serapilheira, e de atratores de

fauna. Dissertação (Mestrado Agrossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2004.

[11] LIMA, H. M., FLORES, J. C. C., COSTA, F. L. Plano de recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo. *REM*, no prelo.

[12] M. G. SOUZA (2002) Fechamento de Mina: Aspectos Legais. Artigo publicado na revista IBRAM.

[13] FERNANDES, F. R. C.; MATOS, G. M. M. de; CASTILHOS, Z. C.; LUZ, A. B. da (Ed.). Tendências tecnológicas Brasil 2015: geociências e tecnologia mineral. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. 372 p.

[14] SABESP. Guia de recuperação de áreas degradadas. Edson José Andrigueti (superintendente). São Paulo: SABESP, 2003. (Cadernos Ligação).

[15] SÁNCHEZ, L. E. Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo: USP, 2001. 256p.

[16] GRIFFITH, J. J. Recuperar áreas degradadas é zelar pelas futuras gerações. Informe agropecuário, v.22, n.210, p.1-2, 2001.

[17] IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação. Brasília: IBAMA, 1990. 96p.