

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NA MINERAÇÃO A CÉU ABERTO¹

Raíssa Lis Silva Modesto²
Elenice Maria Schons Silva³

Resumo

A mineração é um dos setores bases no país e por isso tem ganhado fama de devastadora e alienada em relação ao ambiente em que está inserida. No entanto, através da realização de operações de extração do minério de forma adequada e elaboração de um projeto de recuperação, que leve em conta o destino a ser dado à área futuramente, a degradação ambiental pode ser reduzida e até eliminada. O objetivo deste trabalho é demonstrar os principais impactos causados na etapa de lavra e os métodos de recuperação utilizados, proporcionando um meio ambiente adequado para as futuras gerações.

Palavras-chave: Mineração; Áreas degradadas; Recuperação.

RECOVERY OF DEGRADED AREAS IN A SURFACE MINING

Abstract

The mining is one of the sectors bases in the country and therefore it has gained fame of mentally ill degrading and in relation to the environment where she is inserted. However, through the accomplishment of operations of extraction of the ore of adequate form and elaboration of a recovery project, that has future taken in account the destination to be given to the area, the ambient degradation can be reduced and until eliminated. The objective of this work is to demonstrate the main impacts caused in the stage of cultivate and the methods of recovery used, proportionate an environment adjusted for the future generations.

Key words: Mining; Degradation; Recovery.

¹ Contribuição técnica ao 39º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 10º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 22 a 26 de novembro de 2009, Ouro Preto, MG.

² Graduando em Engenharia de Minas – Universidade Presidente Antônio Carlos. BR 482, km 03, s/no, Gigante, Conselheiro Lafaiete/MG - CEP 36.400-000 E-mail: raissalis@yahoo.com.br

³ Professora do Departamento de Engenharia de Minas – Universidade Presidente Antônio Carlos. BR 482, km 03, s/no, Gigante, Conselheiro Lafaiete/MG - CEP 36.400-000 E-mail: eschons@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas, as chamadas econômicas, alteram o meio ambiente, sendo a mineração e a agricultura as duas atividades econômicas básicas da economia mundial. Através destas, o homem extrai recursos naturais que alimentam toda a economia. Sem elas, nenhuma das atividades subsequentes pode existir. A mineração e a agricultura, junto com a exploração florestal, a produção de energia, os transportes, as construções civis (urbanização, estradas, etc.) e as indústrias básicas (químicas e metalúrgicas) são os causadores de quase todo o impacto ambiental existente na terra. O impacto das demais atividades econômicas torna-se pouco significativo quando comparado às citadas anteriormente.⁽¹⁾

A mineração é um setor de base. Sua principal atividade consiste na extração de recursos não renováveis existentes no planeta, removendo, utilizando e degradando recursos como água, ar e vegetação. Seus principais impactos estão na extração mineral, deposição de rejeitos e estéril.

Para iniciar uma mineração é necessária uma Licença de Pesquisa concedida pelo DNPM. A partir dela os estudos e a localização do corpo mineral se dão de forma precisa, viabilizando ou não sua extração. De acordo com a localização do minério planeja-se a lavra, podendo ser subterrânea ou a céu aberto.

Apesar de o impacto ser intenso e a corrida pelo lucro rápida, o meio ambiente deve ser preservado, necessitando realizar a Recuperação de Áreas Degradadas pela mineração.

2 TIPOS DE LAVRA E IMPACTOS AMBIENTAIS

Uma jazida é voltada para o mineral que extrai, tornando cada mineração individual e específica. A principal diferença entre diferentes jazidas encontra-se no tipo de lavra realizado: a céu aberto ou subterrânea.

Os impactos que a mineração pode causar na comunidade em que está inserida e dentro de sua própria organização são descritos abaixo:

- os recursos hídricos são contaminados por partículas sólidas vindas do processo de pesquisa, beneficiamento e da infra-estrutura; óleos, graxas e elementos químicos deixados no solo podem alterar águas subterrâneas - poluindo a matéria-prima indispensável para a atividade humana;
- a geologia de sua área é perdida após a abertura da cava, modificando de forma brusca o relevo, podendo causar erosões, voçorocas e assoreamentos;
- o solo é alterado de forma drástica após a retirada da cobertura vegetal para abertura da cava e construção de vias de acesso, alterando gravemente sua permeabilidade;
- a vegetação da área pode ser perdida, caso sua retirada não seja realizada de forma cuidadosa, catalogando todas as espécies que poderão ser usadas para recuperação posterior;
- a fauna também deve ser catalogada, fazendo controle de refúgio aos bichos após a destruição de seu habitat;
- a qualidade do ar é alterada, provocada por veículos pesados e leves que circulam na empresa e no desmonte de rocha, onde partículas sólidas finas desprendem-se formando nuvens de poeira que se alastram a longas distâncias;
- ruídos e vibrações gerados pelos desmontes de rocha; e

- as condições sócio-econômicas da comunidade são interferidas, voltando sua formação profissional e estrutura da cidade para a mineração.

O tipo de lavra é definido após estudos de viabilidade para extração do minério. A lavra a céu aberto é utilizada visando talude, quantidade de minério e sua disposição. Baseado nesses princípios tem-se três tipos de lavra a céu aberto.

2.1 Lavra por Bancadas

Na lavra por bancadas, a vegetação é completamente retirada, aparentando um cone invertido. Os bancos ou taludes assemelham-se a escadas e sua altura varia de acordo com o mineral que está sendo extraído.

Em bancos múltiplos o desenvolvimento é baseado na estabilidade do talude assegurando um maior comprimento da face exposta. Os bancos individuais têm o foco voltado para a altura dos equipamentos em relação ao talude. A largura deve ser medida em função dos equipamentos que deverão passar no local.

O uso da lavra em bancadas é voltado para minerações onde a proporção de estéril é maior que a de minério, envolvendo transportes de médio e grande porte visando uma grande distância e o plano inclinado que percorrem.

Para o desenvolvimento da lavra deve ser retirada a cobertura vegetal e planada a superfície. A localização da pilha de estéril torna-se importante devendo ter uma distância mínima dos limites da mina, bem como as vias de acesso, depósito, beneficiamento e infra-estrutura.

O estabelecimento do primeiro banco e de cada banco a partir dele, seja de minério ou estéril, será crítico. A entrada é denominada caixa de corte: um prisma de rocha em forma de cunha que deverá ser removido para iniciar uma nova face do banco. Para essa atividade são utilizadas grandes quantidades de dinamite, pois é a partir dela que se encontraram novos bancos e a inclinação para o talude, tendo espaço limitado.

É um método utilizado em extração de alumínio, bauxita, carvão, cobre, ouro, ferro, urânio e quase todos os minerais não-metálicos.

As principais vantagens desse tipo de lavra são:

- alta produtividade;
- baixo custo;
- a produção é ilimitada, podendo ser iniciada rapidamente;
- não existe necessidade de mão de obra especializada;
- flexibilidade na demanda;
- utilização de grandes equipamentos;
- baixo custo no desmonte; e
- boas condições salútares e de segurança.

Suas desvantagens são:

- profundidade limitada;
- a viabilidade depende da proporção de minério/estéril;
- o capital investido em grandes equipamentos é alto;
- o custo para recuperação da área pode ser elevado, caso não haja um planejamento;
- problemas climáticos afetam na produção, podendo inviabilizá-la temporariamente;
- a estabilidade do talude deve sempre ser mantida; e
- o local para o depósito de estéril deve ser apropriado.

2.2 Lavra por Tiras

A lavra em tiras é aplicada em áreas de formação sedimentar, sendo pouco aplicada no Brasil.

É um tipo de exploração em superfície parecido com o *open pit*, sendo que a grande diferença está no estéril gerado, que aqui será lançado em áreas já lavradas. O decapeamento do solo é feito em estágios, uma parte será estocada para a recuperação da área e a outra para áreas fora das áreas. Apresentando uma operação conjugada entre transporte e escavação o método torna-se altamente produtivo, de baixo custo e de larga escala.

O segredo da produtividade está em utilizar os maiores equipamentos de movimentação do mundo, tendo um número de faces limitadas e uma grande desvantagem: a produção é feita por um único equipamento. Suas falhas ou quebras podem ter como consequência drásticas perdas na produção.

O corte é feito em tempos curtos, permitindo que o ângulo do talude seja escarpado. Os bancos de estéril devem ser mantidos com um ângulo de repouso do material, por ter uma “durabilidade” menor. As dimensões para lavras são, geralmente, de altura do *highwall* de 30 a 60 metros, largura das câmaras entre 23 e 45 metros, ângulo de *highwall* de 60 a 75° e o ângulo da pilha de estéril de 35 a 40°.

A remoção do capeamento exige em algumas minas a utilização de equipamentos especializados para manuseio. Na mina de carvão o material pode ser detonado, utilizando equipamentos convencionais.

A localização da planta do beneficiamento deve ser analisada de acordo com a topografia, tendo como localização central ou próxima do centro da propriedade. A mais conveniente localização seria adjacente ao bota-fora para que o minério não deixe de ser lavrado ou tenha que se movimentar a planta.

Nessa lavra a escolha de equipamentos para o decapeamento é de relevante importância, podendo-se utilizar *dragline*, escavadeiras ou *bucket wheel*.

As primeiras atividades dependem da retirada do decapeamento visando no futuro sua recuperação. A vegetação é retirada e conduzida a uma área que será preservada. Após selecionar equipamentos, instalações e transportes o primeiro corte poderá ser feito. A operação será feita por um *highwall* mantido em toda extensão do corte, prosseguindo a exploração em condições normais.

As principais vantagens são:

- alta produtividade, os custos com mão de obra e transporte são baixos e com uma média trabalhador/frente/turno alta, ocorrendo o contrário com a proporção de estéril;
- a produção começa cedo por ser de rápida exploração gerando alta taxa de produção;
- baixa quantidade de mão-de-obra;
- adequado para equipamentos grandes, permitindo alta produtividade;
- baixo custo com desmonte de rocha;
- acessos e desenvolvimento simples;
- boa capacidade de recuperação;
- normalmente elimina o transporte de capeamento; e
- boas condições de segurança e higiene.

As desvantagens são:

- profundidade máxima de 60 metros, tendo gasto alto com equipamentos no “remanuseio”;

- os custos para recuperação da área são muito altos devido à retirada do decapeamento com restrições econômicas;
- por serem equipamentos grandes o custo de aquisição e manutenção é alto;
- necessidade de grandes depósitos para alcançar custos menores;
- o clima influencia na produção; e
- o decapeamento deve ser feito de forma sincronizada com as operações.

2.3 Lavra por Dissolução

Esse método de lavra é desenvolvido no Nordeste Brasileiro para extração de salgema, encontrada nos sedimentos perfurados feitos em pesquisas de petróleo, realizadas pela Petrobrás.

Esse método é conhecido por alguns como subterrâneo, porém, como é realizado a partir da superfície é oficialmente um tipo de lavra a céu aberto.

É mais utilizada na exploração de Potássio em Nova Olinda (AM) com o objetivo de reduzir a dependência de outros países.

3 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

O manual de Recuperação de Áreas Degradadas⁽²⁾ pela mineração editado pelo IBAMA propõe “retornar o sítio degradado a uma forma e utilização de acordo com o plano pré-estabelecido para o uso do solo”. Esse é o ponto de partida para a recuperação que deve ser planejado junto com a lavra e incorporado a toda a estrutura e orçamento da mineração.

A partir do Estudo de Impactos Ambientais (EIA) são identificados os impactos causados pela lavra no meio ambiente. Após esses estudos, encontram-se soluções para os problemas de degradação ocasionados naquela área.

A recuperação se dá quando é restabelecido o equilíbrio ecológico no local degradado. A recuperação depende da intensidade e o grau de interferência sofrido naquela área podendo ser de dois tipos: edáficos (medidas de sistematização de terreno) e vegetativos (restabelecimento da cobertura vegetal). Em essência, é imprescindível que o processo de revegetação receba o mesmo nível de importância dado à obtenção do bem mineral.

A recuperação de áreas degradadas pode ser dividida em:

- nível básico: apenas previne efeitos maléficos na área, sem recuperar o local que foi devastado;
- nível parcial: recupera a área com objetivo de habitação deixando ainda uma poluição visual
- recuperação completa: recupera totalmente o local, voltando às condições originais;
- recuperação que supera o estado original: recupera a área totalmente, melhorando a estética em relação ao estado original.

4 ETAPAS DA RECUPERAÇÃO

As etapas de recuperação envolvem:

4.1 Pré-planejamento

O pré-planejamento é a fase em que o problema é descoberto antes que ocorra, podendo ser controlado de forma correta e planejada. Com o EIA, o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), o planejamento para recuperar uma área será completo.

Os estudos permitem identificar os impactos e auxiliam na recuperação identificando o solo, fauna e flora naquela área. O RIMA identifica e, dentro do possível, quantifica todos os impactos associados com a mineração e atividades relacionadas, tais como a efetivação de medidas mitigatórias.

O PRAD é feito a partir do estudo de EIA/RIMA descrevendo passo a passo os processos e condições para a perfeita recuperação.

4.2 Estabelecimento de Objetivos a Curto e a Longo Prazo

Os objetivos de recuperação são extremamente importantes para o planejamento, identificando quais medidas deverão ser adotadas e qual o prazo necessário para que sejam realizadas.

4.3 Remoção da Cobertura Vegetal e Lavra

A cobertura vegetal é importante, tendo como objetivo corrigir ou diminuir ou impactos causados pela mineração tanto visuais, como edáficos, hídricos e outros.

A vegetação é retirada no início da extração, com equipamentos especiais e cuidados especiais para serem utilizadas posteriormente. Sua retirada visa encontrar o corpo rochoso e explorá-lo.

Alguns procedimentos para remoção da vegetação na lavra são:

- remover os materiais que estão acima da vegetação, como árvores que possuem valor econômico;
- remover completamente o solo orgânico;
- a melhor maneira de se recuperar uma área degradada é a deposição de estéril, que deve ser feita na área já lavrada não poluindo visualmente outras áreas e auxiliando em seu replantio.

4.4 Obras de Engenharia na Recuperação

O controle de taludes e da água é o fator mais importante, visando sempre a estabilidade em uma área minerada.

Com o escoamento da água, o transporte de partículas ou movimento de massas dos depósitos estéreis torna-se grande, em virtude da condição de exploração do solo.

As técnicas utilizadas no controle de sedimentos gerados pela água são:

- instalar represas ou escavações de lagoas para facilitar a deposição de sedimentos para que eles não caiam nos córregos ou rios. Em caso de assoreamento deve-se utilizar equipamentos que retirem os sedimentos do leito do rio.
- para que o desmonte hidráulico possa ocorrer de forma correta há a obrigatoriedade da existência de barragens com estéril ou rejeitos provenientes da lavra;

- modificar o mínimo da área explorada para que a recuperação ocorra progressivamente e paralelamente à exploração, devendo ficar o mínimo possível exposta após sua saturação;
- uma forma de recuperar a área paralelamente é o uso de gradagem (*furrow-grading*) com aparelhos que sulcam e alisam o terreno de forma simultânea, podendo-se utilizar cobertura morta ou vegetação temporária para que não ocorra desmoronamento;
- não se deve jogar restos de escavações em cursos de água, evitando modificar seus leitos, não utilizando estradas que atinjam o curso da água e não gerando a poluição durante sua construção;
- a deposição do estéril deve ser controlada, envolvendo um sistema de drenagem na base da pilha ou alguma drenagem interna;
- a construção de terraços também é reconhecida na recuperação de áreas, as quais são formadas a partir de solo compactado e cobertura vegetal vigorosa ao pé das escavações.

4.5 Manejo de Solo Orgânico

É obrigatória a retirada da cobertura vegetal e da capa superior na área a ser lavrada. Essa capa enriquecida é deslocada para qualquer posição favorecendo sua perda. Para sua melhor armazenagem a capa deve ser removida e armazenada com a vegetação do mesmo local em que foi retirada e convertida mecanicamente em cobertura morta.

O solo pode ser amontoado em camadas de terra a uma altura limite de 1,5 metros e 3 metros a 4 metros de largura, com qualquer comprimento. Deve ser feito uma proteção contra raios solares com cobertura de palha.

Antes da reposição do solo orgânico, a superfície de estéril deve ser recuperada ou escarificada em curvas de nível a no mínimo uma profundidade de 1 metro para ajudar na compactação.

Para o plantio de gramíneas recomenda-se que sejam espalhados no solo capas de 5 cm a 8 cm; já em plantio de árvores a profundidade deve ser superior a 30 cm.

4.6 Preparação do Local para Plantio

O conhecimento do local que vai ser plantado é fundamental, suas características químicas, físicas e o clima interferem na qualidade e espécie de planta a ser utilizada naquela área.

O fertilizante mais utilizado nas minerações é o nitrogênio-fósforo-potássio (NPK). Usa-se também, rochas fosfáticas principalmente em áreas com plantio de arbóreas. A sua solubilidade é lenta, sendo usado para garantir um suplemento de fósforo em longo prazo.

O calcário pode ser utilizado como corretivo de solos. O tratamento de solos com cinzas industriais pode corrigir parcialmente a acidez dos solos minerados. O uso de resíduos de esgoto sanitário, aplicação de cavacos de madeira dura, esterco, bagaço de cana, serragem e outros materiais também são medidas fortes para a redução da acidez do solo.

Com a escarificação profunda os corretivos devem ser incorporados com o uso de máquinas, tendo assim um maior aproveitamento.

4.7 Seleção de Espécies de Plantas

A escolha de espécies para utilização na área a ser recuperada deve ser baseada em estudos da composição florística da vegetação daquela área.

A primeira etapa baseia-se na escolha das espécies para o replantio. Existem três opções que poderão ser usadas isoladamente ou em conjunto:

- utilização de espécies florestais para aplicação no modelo de sucessão secundária;
- espécies florestais para formação de povoamentos puros; e
- utilização de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas.

A escolha da espécie deve considerar: valor econômico potencial da espécie; a influência da planta sobre a fertilidade do solo; a utilidade da planta como abrigo e alimento para fauna e o efeito estético.

Espécies nativas devem ter preferência sobre as introduzidas. Como conseqüência, suas condições para sobrevivência são diferentes podendo causar problemas no futuro ocorrendo até mesmo sua perda.

Algumas espécies de gramíneas introduzidas são bem adaptadas para produzir uma rápida cobertura protetora para o solo. Se a produção de lenha é um objetivo a curto prazo, o eucalipto aparece insuperável em termos de produção.

As espécies lenhosas usadas em recuperação são predominantemente árvores nativas. As mais utilizadas são: *Mimosa scabrella*, *Eucalyptus spp*, *Tabebuia spp*, *Inga spp*, *Pinus spp*, *Acacia spp*, *Parapiptadenia rigida*, *Peltophorum dubium*, *Leucaena leucocephala*, *Balfourodendron riedelianum*.

Outras espécies que também são utilizadas: *Schinus terebinthifolius*, *Eugenia uniflora*, *Psidium cattleianum*, *Vitex megapotamica*, *Luehea divaricata* e *Cupania vernalis*.

Na maioria das minas o uso de gramíneas introduzidas tem prevalecido devido à falta de conhecimento e adequação de gramíneas das espécies nativas e, conseqüentemente, uma dependência de espécies introduzidas.

Algumas espécies de gramíneas úteis para revestimento vegetal de taludes:

- Grama Bermuda (*Cynodon dactylon*);
- Grama Forquilha (*Paspalum notatum*);
- Grama Pensacola (*Paspalum notatum*);
- Grama Missioneira (*Axonopus compressus*);
- Grama de Jardim (*Stenotaphrum secundatum*);
- Capim Chorão (*Eragrostis curvula*);
- Capim Quiquio (*Pennisetum clandestinum*);
- Capim Pangola (*Digitaria decumbens*);
- Capim barba-de-bode (*Aristida jubata*);
- Capim de Rhodes (*Chloris gayana*);
- Grama Cinzenta (*Paspalum nicorae*).

É preciso considerar a importância de algumas leguminosas lenhosas e herbáceas na seleção de espécies, em virtudes da possibilidade de fixar o nitrogênio da atmosfera. Um exemplo de herbácea nativa que deve ser utilizada é a *Schrankia spp*.

A recuperação não deve visar apenas a implantação da flora, mas estabelecer o habitat faunístico, atraindo a fauna de volta ao local de origem.

4.8 Propagação de Espécies

A propagação de espécies refere-se ao crescimento de espécies lenhosas em um viveiro para o plantio de posterior, analisando sua altura e condições ideais.

O plantio de mudas maiores ocorre quando existe uma competição de gramíneas ou existe a possibilidade de dano por animais ou pelo próprio homem.

A substância obtida no viveiro é proveniente de uma mistura contendo as seguintes substâncias: solo vegetal enriquecido com material como esterco, húmus de minhoca, serragem, vegetação, vegetação morta e uma camada de terriço da floresta. A maioria dos viveiros aplica nitrogênio, fósforo e potássio à mistura de solo e alguns adicionam uma mistura de micronutrientes.

4.9 Plantio

As técnicas mais básicas de cultivo para recuperação são: semeadura ou plantio de mudas. A escolha de qual técnica utilizar depende de fatores como a natureza, clima e condições da área e da planta utilizada. A semeadura pode ser feita em hidrossemedura ou a laço.

Na semeadura a laço as sementes não são enterradas, apenas deixadas expostas, porém exigem uma cobertura de solo.

A hidrossemedura é semelhante à semeadura, porém mecanizada. Possui um aparelho contendo um tanque de agulheta e motor. A mistura de sementes, água e fertilizantes pode ser lançada a uma distância de 60m. A vantagem da hidrossemedura é: capacidade de cobrir áreas inacessíveis (declives íngremes, por exemplo) com rapidez e economia.

A época adequada para o plantio de gramíneas é um pouco antes do período chuvoso, contando-se com a precipitação. Uma cobertura de gramíneas pode ser obtida através de placas de gramas ou estalões.

Deve-se observar o espaçamento médio entre as mudas de acordo com sua espécie e a área. Os eucaliptos têm espaçamentos mais fechados, enquanto árvores nativas têm espaçamento mais amplo.

O plantio paralelo de gramíneas e árvores auxilia-se mutuamente, enquanto as gramíneas protegem o solo enquanto as árvores crescem.

4.10 Manejo da área após plantação

As principais medidas a serem seguidas para assegurar a sobrevivência e o crescimento da vegetação e melhorar a estética do local recuperado são:

- plantar com o objetivo de enriquecer a diversidade de espécies;
- desbaste;
- controlar a invasão de ervas;
- erosão;
- repelir roedores ou outros consumidores de sementes e plantas na fase de implantação das áreas de recuperação;
- irrigar o local quando necessário;
- corrigir a acidez do local e suplementar suas necessidades com fertilizantes;
- Cercar a área ameaçada por animais de grande porte;
- inspecionar as plantações para evitar o ataque de pragas e tomar as medidas necessárias a cada caso;
- proteger a área contra o fogo descontrolado;

- após a revegetação com gramíneas ou árvores, um segundo plantio deve ser colocado em prática para que aumente e misture as espécies vegetativas. Não é recomendado o pastoreio na área;
- as técnicas de controle de incêndios incluem aceiros, remoção de vegetação de alto risco (particularmente o capim-gordura) e educação ambiental para os efeitos danosos do fogo;
- a erosão pode ser controlada fazendo-se uma escavação manual para restabelecer drenagem adequada, seguida pelo enchimento do sulco da erosão e seu plantio;
- as formigas cortadeiras são controladas com veneno; e
- o controle de ervas daninhas deve ser feito enquanto as mudas das árvores são muito pequenas, não necessitando mais fazê-lo após o crescimento.

5 CONCLUSÃO

A atividade mineral é de grande importância para a sociedade. O grande desafio é produzir bens minerais sem degradar o meio ambiente. Para isso é preciso haver uma conscientização das empresas ligadas à área de mineração para o mínimo de agressão e o melhor aproveitamento dos recursos minerais.

A recuperação de uma área deve ser planejada desde o início da lavra, sendo um projeto paralelo incluindo a renda para que ela não se torne alta e inviável. As plantas devem ser plantadas e cuidadas de forma correta para que o objetivo final de recuperação seja alcançado, garantindo um meio ambiente adequando às futuras gerações.

REFERÊNCIAS

- 1 BRANDI, I.V. (1996) Lavra de Mina 1. FUGEMSS. Congonhas;
- 2 BRANDI, I. V. (1998) Lavra de Mina 2. FUGEMSS. Congonhas;
- 3 SILVA, J. P. S. (2007) Impactos ambientais causados por mineração. Revista Espaço da Sophia - nº 08, ano I. Disponível em:
http://www.espacodasophia.com.br/edicoes_anteriores/1107/colunistas/artigos/joao_paulo/joao.pdf. Acesso em 26/05/2008.