

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO COMPLEXO MARIANA¹

Juliano Reis²
Bráulio Guimarães³
Anderson Clayton Cláudio⁴
Patrícia de Fátima Chaves⁵

Resumo

No decorrer da atividade de extração do minério de ferro, ocorrem várias intervenções onde áreas de vegetações diversas são suprimidas. Uma movimentação de massa ocorre gerando as pilhas controladas de estéril, novos acessos, taludes e exposição de áreas desnudas. Com implantação de obras de drenagem superficial, execução de projetos de formação de pilhas controladas de estéril, gestão geotécnica o processo de recuperação de áreas degradadas vem mitigar ou minimizar os impactos ambientais associados à atividade mineraria com a reintrodução e inserção de espécies vegetais garantindo estabilidade e recuperação destas áreas. Em função desta demanda são elaborados PRAD's (Planos de Recuperação de Áreas Degradadas) e estes consideram os diversos locais das minas citando área e vegetação que nelas serão plantadas.

Palavras-chave: Recuperação de áreas degradadas; Pilhas de estéril; Estabilidade geotécnica.

RECOVERY OF DEGRADED AREAS AT MARIANA COMPLEX

Abstract

During Iron Ore exploitation activity, several interventions are made in areas in which vegetation is removed. The waste removal generates big waste dumps, new access, slopes and exposed areas with no vegetation. With deployment of surface drainage works, projects execution of waste dumps, Geotechnical Management, the processes of recovering degraded areas comes to mitigate or minimize environmental impacts associated with mining activity with the introduction and integration of plant species and ensuring stability and recovery. Depending on demand are elaborated PRDA's (Plans for recovery of degraded areas) and they consider several mining sites mentioning the areas and what kind of vegetation will be planted in them.

Key words: Recovery of degraded areas; Waste dumps; Geotechnical stability.

¹ Contribuição técnica ao 41º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 12º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 12 a 26 de setembro de 2011, Vila Velha, ES.

² Engenheiro de Minas, Vale S.A

³ Analista Operacional, Vale S.A.

⁴ Auxiliar Técnico em Mineração, Vale S.A.

⁵ Auxiliar Técnico Operacional, Vale S.A.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos Gerais

As áreas degradadas provenientes da atividade mineraria tem a cada dia mais recebido atenção dos órgãos ambientais bem como da própria mineração visto que além sistemática de execução das pilhas e taludes, acessos, das obras de drenagem e gestão geotécnica contam com um forte aliado que é a cobertura vegetal garantindo assim, a estabilidade das estruturas. A utilização de recursos naturais de maneira sustentável para amenização de danos ambientais tem sido uma das técnicas mais utilizadas pelas mineradoras.⁽¹⁾

A técnica que veremos nos permitirá observar itens essenciais ao plantio e consolidação da cobertura vegetal. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da sua NBR 10703,⁽²⁾ a degradação do solo é apontada como sendo a "alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento, como os potenciais". Todavia, em outra norma NBR 13030 (específica para mineração),⁽³⁾ define áreas degradadas como "áreas com diversos graus de alterações dos fatores bióticos e abióticos causados pela atividade de mineração". Já o manual de Recuperação de áreas Degradadas pela Mineração do IBAMA, define que "a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada, e a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico forem alterados. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizando o desenvolvimento sócio-econômico".

1.2 Área de Influência do Trabalho

O processo de recuperação de áreas degradadas foi realizado na mina de Fábrica Nova, que é a maior das quatro minas que compõem o Complexo Minerador de Mariana, sendo elas: Mina de Alegria, Fazendão, Del Rey e Timbopeba, todas de propriedade da empresa Vale S.A. O Complexo Minerador de Mariana está situado na região sudeste de Minas Gerais nos municípios de Ouro Preto, Mariana e Catas Altas. Suas quatro unidades têm capacidade anual de produção de 40,9 milhões de toneladas de minério de ferro e reservas estimadas em mais de 7 bilhões de toneladas. Os principais produtos são o Sinter Feed, o Pellet Feed e os Granulados, que chegam até os clientes por meio da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) e do porto de Tubarão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Na lavra de minério de ferro parte do material, ou seja, o estéril é transportado para pilhas de disposição de estéril onde é disposto em sobreposição de camadas, seguindo um rígido controle de geometria e de drenagem superficial garantindo assim a estabilidade geotécnica da pilha.



Figura 1. Imagem da Pilha de disposição de estéril (PDE01) localizada na Mina de Fabrica Nova antes e após do processo de plantio. Fonte: do autor.

Após disposição em camadas sobrepostas do estéril nas Pilhas de Disposição, o ângulo médio do talude de estéril é de 38° , feito o processo de retaludamento, obtém para as pilhas do Complexo Mariana um ângulo individual de talude de $26,5^\circ$. As bermas são drenadas de tal forma que a inclinação segundo o maciço é de 1% longitudinal e 3% a 5 % transversal. Veja abaixo nas Figuras 2 e 3 projeto em 3D.

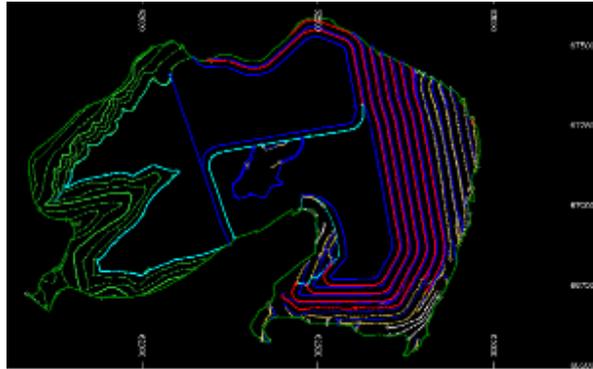


Figura 2. Pilha de disposição de estéril – PDE 1 fabrica nova.

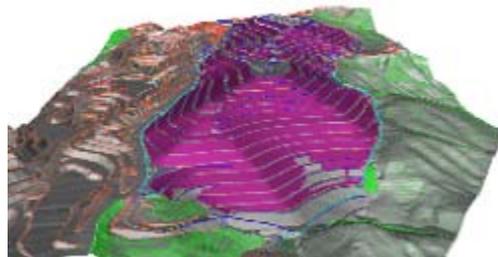


Figura 3. Pilha de disposição de estéril – PDE fosforos de alegria.

De posse das informações do planejamento de mina, é elaborado o PRAD (Plano de Recuperação de Áreas Degradadas), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (2009 a 2011)

Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD - 2009 a 2011 Complexo Mariana - Gerência de Infraestrutura																	
Áreas	Plantio de Gramíneas e leguminosas	Plantio de arbóreas e nativas diversas	Manutenção de mudas	Status	2009			2010			2011						
	Hectares				O	N	D	J	F	M	S	O	N	D	J	F	M
	46,72	1,80	7,20														
Mina de Alegria																	
PDE Permanente AL	-	1,80	7,20	P													
PDE Fosforoso	44,22	2,20	0,76	R													
Área Externa de Cava - Estrada até E3	45,97	-	-	R													
Talude Morro da Mina	1,29	-	-	P													
	3,25	-	-	R													
	1,00	-	-	P													
	2,55	-	-	R													
TOTAL	96,72	1,80	7,20	P													
	52,17	2,20	0,76	R													
LEGENDA	P	Programado															
	R	Realizado															



Figura 4. Processo de retaludamento realizado no PDE01 na Mina de Fabrica Nova.

Em seguida é disposta uma camada de *top soil* nos taludes rebatidos, partindo da crista do talude em direção ao pé do mesmo. É importante ressaltar que o *top soil* é proveniente de outras áreas próximas onde houve intervenção para lavra mineral.



Figura 5. Remoção e transporte de top soil no PDE01 na Mina de Fabrica Nova.



Figura 6. Aplicação de top soil no PDE01 na Mina de Fabrica Nova.

O *top soil* traz consigo além de nutrientes a micro fauna e microflora. Feito estudo do solo foi determinado, após receituário agrônômico, o quantitativo de 2.000 kg de calcário dolomítico por hectare para correção do pH do solo. É preparado um MIX¹ cuja composição utiliza gramíneas e leguminosas, adubo orgânico, NPK fórmula 06-30-06, fosfato de Araxá, FTE BR12 e micronutrientes.



Figura 7. Pesagem, preparação e homogeneização do Mix

Nas faces dos taludes é aplicado calcário dolomítico. Logo após são feitos sulcos longitudinais espaçados entre si de até 15 cm e com profundidade de até cinco cm, onde é aplicado o *mix* de sementes.



Figura 8. Taludes da pilha de estéril sendo preparados para o plantio.



Figura 9. Pilha de Disposição de Estéril de Alegria de antes do plantio.

¹ Mistura de sementes de gramíneas, leguminosas, adubos e micro nutrientes.



Figura 10. Pilha de Disposição de Estéril de Alegria já revetadas.

As gramíneas possuem sistema radicular fasciculado, ou seja, com raiz primária não desenvolvida, enquanto as raízes secundárias são ramificadas e numerosas, geralmente ocorrendo a menos de 1 m de profundidade. Como plantas pioneiras, as gramíneas têm importância fundamental do ponto de vista ecológico, ajudando na recuperação, proteção e revitalização do solo. As gramíneas apresentam características que as destacam como um grupo evoluído e diversificado de plantas, possuem desempenho fotossintético eficiente em diversas condições, são eficientes na produção e dispersão de diásporos e possuem sistema radicular fasciculado, além de produzirem estolhos e rizomas. O conjunto destes atributos faz com que as gramíneas sejam apropriadas para recomposição das áreas degradadas, atuando com pioneiras na sucessão ecológica.

Tabela 2. Relação de gramíneas utilizadas no plantio

Gramíneas	
Nome Vulgar	Nome Científico
Capim gordura	Melinis minutiflora
Capim Jaraguá	Hyparrhenia rufa
Azevem	Lolium multiflorum
Aveia Preta	Avena strigosa
Brachiária decumbens	Brachiaria decumbens
Brachiária brizantha	Brachiaria brizantha

As leguminosas são plantas capazes de fixar nitrogênio no solo. Além disso, apresentam raízes com arquitetura e profundidade que permitem estabilizar solos com pouca instabilidade. A fixação biológica de nitrogênio é um processo bioquímico em que o nitrogênio atmosférico é incorporado diretamente nas plantas após ser transformado em amônia. Essa relação ocorre em estruturas especiais das raízes chamadas nódulos, formados por bactérias e comumente chamadas de rizóbio. As leguminosas têm papel importante na revegetação de áreas degradadas, principalmente na consorciação com gramíneas, favorecendo o desenvolvimento da vegetação pela incorporação de nitrogênio. Após 45 a 60 dias de plantio é realizada adubação de cobertura onde aplica-se por lanço a uréia, sulfato de amônio e cloreto de potássio. Para se ter um rigoroso controle da área a ser aplicado o mix de sementes, é feita uma marcação com piquetes onde delimita-se uma área de 1.500 m² para aplicação. Em locais que receberão arborização, suprime-se a mucuna preta (*Stilozobium aterrimum*) e inclui-se feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), visto que a mucuna ramifica na muda de forma a comprometer o desenvolvimento da espécie arbórea.

Tabela 3. Relação de leguminosas utilizadas no plantio

Leguminosas	
Nome Vulgar	Nome Científico
Guandu	Cajanus cajan
Mucuna preta	Stilozobiun aterrium
Crotalária juncea	Crotalária ochroleuca
Calopopogônio ou Lab lab	Calopogonium mucunoides ou Dolichos lablab
Nabo forrageiro	raphanus Sativus

Nestes locais são plantadas mudas de árvores nativas, com seqüenciamento de espécies pioneiras, secundárias e clímax. O plantio de mudas inicia pela abertura de uma cova com as seguintes dimensões 40 cm de largura, 40 cm de comprimento e 40 cm de profundidade e espaçamentos entre mudas de 3 m x 3 m entre mudas e entre fileiras, o material retirado desta cova recebe adubo orgânico a uma razão de 5 litros, 200 gramas de adubo NPK 6-30-6, 200 gramas de calcário dolomítico. Todo material é incorporado àquele retirado da cova, homegeinizado e preenche novamente a cova que recebe no seu centro a muda de árvore. Ainda nestes locais, e feito abaciamento, de tal forma que reserve água para esta planta, outro procedimento interessante é a cobertura das covas com capim seco proporcionando retenção de umidade. Para esta muda posteriormente é feito tutoramento, que são estacas fixadas ao lado de cada muda de árvores para suportá-la e guiá-la verticalmente, protegendo da ação de ventos.



Figura 11. Aberturas de covas e mudas já tutoradas.

2.1 Fatores Determinantes na Seleção das Espécies

Conforme Rodrigues e Gandofi,⁽⁴⁾ a escolha tem alguns pilares que determinam a seleção das sementes:

- edáficos: trata se da adaptação das espécies às condições do local onde será realizada a recuperação ambiental, por exemplo informações como: pH, fertilidade natural, salinidade, toxidez, textura, drenagem e matéria orgânica;
- climáticos : torna-se o fator mais importante, porque as condições climáticas não podem ser reproduzidas artificialmente, enquanto que para alguns fatores edáficos é possível. dentre os fatores climáticos deve-se avaliar: tolerância à seca, à geadas, déficits hídricos da região, precipitação anual, temperaturas médias anuais e umidade relativa;
- ambientais: estes fatores são determinados em função da rapidez e segurança da recuperação ambiental, além dos objetivos e exigências legais.

Dentre os principais podemos citar:

- longevidade: se o objetivo da proteção é temporário ou definitivo, deverão ser selecionadas espécies anuais, bianuais, perenes, de ciclo curto ou longo;
- produção de biomassa: deve-se verificar o nível de matéria orgânica no solo, o nível de recobrimento desejado no solo e a profundidade das raízes para a estabilidade dos taludes;
- crescimento de efeito paisagísticos: deve-se verificar a necessidade de obter altas taxas de crescimento dos vegetais, os tufos de vegetação, a vegetação rasteira, a vegetação exótica ou nativa, os tipos de raízes e a necessidade de manutenção;
- fixação de nitrogênio: é necessário o uso de leguminosas, pois a maioria das áreas degradadas apresenta solos estéreis, necessidade de melhorias dos seus níveis de fertilidade;
- patabilidade da fauna: dependendo da região, podem ser selecionadas espécies que irão favorecer a fauna, servindo de suprimento alimentar como frutos, grãos e pastagem;
- dormência das sementes: a utilização de sementes que apresentam dormência, vigor, resistência a pragas e doenças é interessante, pois as geminações poderão ocorrer em épocas diferentes, reduzindo assim a competitividade inicial; e
- biodiversidade: é necessário utilizar um grande número de espécies, pois isto contribui para aumentar a biodiversidade, com a atração de pássaros e animais silvestres. É fundamental a escolha de plantas de diferentes portes e a utilização de espécies de gramíneas e leguminosas para manter a biodiversidade e a sustentabilidade da vegetação.

2.2 Indicativos da Qualidade das Sementes para Cálculo do Valor Cultural

Tabela 4. Tabela de indicativos da qualidade das sementes

INDICATIVO	DESCRIÇÃO
GERMINAÇÃO	Qualidade de sementes viáveis que germinarão e produzirão plântulas normais quando em condições normais de plantio.
PUREZA	Quantidade de sementes viáveis (puras e granadas) encontradas em determinado peso de sementes. Sementes não viáveis, resíduos, pedras torrões, areia, etc.
IMPUREZAS	A separação das impurezas com máquinas específicas oferece um padrão de qualidade e segurança ao comprador.
AMOSTRAGEM	A quantidade de uma amostra é de aproximadamente 300g, devendo ser coletada em pontos diferentes da embalagem, para representar significativamente a população.

2.3 Como Escolher Sementes de Qualidade

O sucesso da germinação e do desenvolvimento da vegetação depende, fundamentalmente, da qualidade das sementes. O poder de germinar, o grau de pureza e a vigor inicial são requisitos essenciais na aquisição de sementes. A qualidade das sementes é medida pelo valor cultural (VC) na formula:

Tabela 5. Cálculo do valor cultural

$\text{VALOR CULTURAL (\%)} = \frac{\% \text{ DE PUREZA} \times \% \text{ DE GERMINAÇÃO}}{100}$

Quanto maior for o VC, menor deverá ser a quantidade de sementes a ser aplicada por área. As taxas mínimas de semeio devem ser aquelas suficientes para que, em condições ideais de plantio, apresentem taxa de recobrimento do solo em um determinado período de tempo.

3 RESULTADOS

O resultado obtido com a recuperação de áreas degradadas é a garantia de estabilidade dos taludes, a redução de material carreado pelas chuvas nos diques de contenção de finos, a melhoria da característica paisagística, a redução de custos futuros e a minimização e /ou a mitigação dos impactos ambientais.

4 DISCUSSÃO

Há varias métodos para recuperação de áreas degradadas, porém é notório que o *top soil* é um diferencial neste processo onde ocorre uma regeneração natural, em virtude do germoplasma, ficando claro que trata-se de material nobre na recuperação da área. Outros fatores se somam á eficiência da recuperação da área degradada como estabilização geotécnica de taludes, obras de drenagens superficiais e drenagem dos maciços, aliada a um estudo do solo e de espécies vegetais com características e resistência para povoarem as áreas pretendidas.^(5,6) A manutenção destas áreas com adubação adequada, o combate a pragas e reforço no plantio garantem a consolidação do trabalho conferindo a vegetação a sua sustentação ao longo dos anos. Importante ressaltar que a recuperação das áreas concomitante com a evolução da lavra e depósitos de estéril minimizam o impacto ambiental, diluem e minimizam custos e eventos futuros indesejáveis, que podem ser irreversíveis a médio prazo.

5 CONCLUSÃO

Na extração e tratamento de minério há uma alteração e agressão ao meio ambiente, mas a mineração responsável é capaz de minimizar ou mitigar, tornar o impacto menor e trazer soluções ambientais possibilitando o reaproveitando correto dos recursos. Segundo Pnuma,⁽⁷⁾ é necessário que exista um investimento contínuo em suas atividades para superar os padrões internacionais de gestão ambiental. Cientes de que o meio ambiente é fundamental na qualidade de seus produtos e serviços, a empresa Vale é comprometida com a sustentabilidade buscando o equilíbrio entre o desenvolvimento socioeconômico dos territórios e a manutenção da qualidade dos recursos naturais, da biodiversidade e da vida. Desenvolver e conservar são premissas da estratégia da empresa. Lembro aqui a missão da Vale que é “Transformar recursos minerais em riqueza e desenvolvimento sustentável”.

Agradecimentos

Agradecemos ao gerente de Infra Estrutura do Complexo Mariana, Antonio Carlos Amorim pelo incentivo, a toda equipe da Gerência de Infra Estrutura do Complexo Mariana pelo apoio na elaboração técnica do trabalho, especialmente Juliano Reis, Patrícia Chaves, Anderson Clayton, Jose Luciano, Antonio Marciano e Fabio Gomes. Agradecemos também a Carlos Vieira pelas informações teóricas, a Antônio Costa Neto e Waldson Souza pelas informações referentes à geotecnia assim como a

todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 CAMPELLO, E.F.C. 1998. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: **Recuperação de Áreas degradadas**. DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (eds.) Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p: 181-196.
- 2 ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1989. **Degradação do solo**. NBR 10703, Brasil.
- 3 ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1998. **Elaboração e apresentação de projetos de reabilitação de áreas degradadas pela mineração**. Projeto NBR 13030, Brasil.
- 4 RODRIGUES, R. GANDOLF, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: **Recuperação de Áreas Degradadas**. DIAS, L.E., MELLO, J.W.V. (Ed.). Viçosa: UFV – Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p: 203-215, 1998.
- 5 PNUMA – **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**. *A produção mais limpa e o consumo sustentável na América Latina e Caribe*. São Paulo, 2004
- 6 CMMAD – **Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. *Nosso futuro comum*. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- 7 **PNUMA**; CETESB, 2005.134p.2005.134p. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/producao_limpa/documentos/plportuques.pdf. Acesso em: 25 jun. 2006.