



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MARINA DE MIRANDA COUTINHO

**USO DE MEDIDAS BIOLÓGICAS NA MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE BRITA NO ESTADO DO RJ**

Prof. Dr. RICARDO VALCARCEL
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
ABRIL - 2013



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

MARINA DE MIRANDA COUTINHO

**USO DE MEDIDAS BIOLÓGICAS NA MITIGAÇÃO DO IMPACTO
AMBIENTAL DA MINERAÇÃO DE BRITA NO ESTADO DO RJ**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. RICARDO VALCARCEL
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
ABRIL – 2013

USO DE MEDIDAS BIOLÓGICAS NA MITIGAÇÃO DO IMPACTO
AMBIENTAL DA MINERAÇÃO DE BRITA NO ESTADO DO RJ

Monografia aprovada em 12 de abril de 2013.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Valcarcel

UFRRJ / IF / DCA

Orientador

Profa. Dra. Erika Cortines

UFRRJ / ITR

Membro

José Antônio Santana de Sales Júnior

PETRA

Membro

***“O ambiente é das
componentes não econômicas
de maior peso econômico.”
OTTOMAN, In CASEIRO, 2002.***

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial aos meus pais, Luiz e Eline, por todo o amor e apoio, os melhores pais do mundo.

Ao meu companheiro, Fabiano, pelo incentivo, em todos os momentos.

Amo vocês.

Ao meu orientador, Ricardo, e aos colegas do LMBH, pelos conhecimentos e parcerias incansáveis.

À UFRRJ e seus professores, que dispuseram toda estrutura física e humana em esforços para nosso aprendizado.

RESUMO

A mineração de brita fornece matéria prima para construção civil, exercendo papel fundamental no desenvolvimento. Em função da proximidade fornecedor-consumidor, os impactos gerados pela extração mineral, prejudicam parte da sociedade que já atinge aproximadamente 16 milhões de habitantes, sendo necessário o desenvolvimento de novas alternativas de mitigação, onde o uso da vegetação, associada as suas habilidades específicas oriunda da ampla biodiversidade dos ecossistemas tropicais pode mitigar impactos ambientais.

Palavras-chave: espécies, poeira, ruído.

ABSTRACT

The mining of gravel provides raw material for construction, playing a key role in development. Due to the proximity supplier-consumer impacts generated by mineral extraction, undermine the society that already reaches approximately 16 million inhabitants, which required the development of new mitigation alternatives, where the use of vegetation, associated with their specific skills derived the wide biodiversity of tropical ecosystems can mitigate environmental impacts.

Keywords: species, dust, noise.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
Objetivos Gerais	3
Objetivos Específicos	3
MATERIAL E MÉTODOS.....	4
ABORDAGEM METODOLÓGICA	4
PANORAMA BRASILEIRO	6
DIREITO AMBIENTAL E MINERAÇÃO	7
LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	8
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	9
LICENCIAMENTO AMBIENTAL	9
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	9
SISTEMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.....	10
LEGISLAÇÃO AMBIENTAL FEDERAL.....	10
ATIVIDADE MINERAL	11
LIMPEZA DO LOCAL DE EXPLORAÇÃO	12
PERFURAÇÃO E CARREGAMENTO DOS FUROS.....	13
DESMONTE DO MACIÇO ROCHOSO	14
DESMONTE SECUNDÁRIO DAS ROCHAS	15
BRITAGEM PRIMÁRIA	15
REBRITAGEM.....	15
CLASSIFICAÇÃO FINAL.....	16
EXPEDIÇÃO	16
CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS	17
IMPACTOS POSITIVOS	19
IMPACTOS NEGATIVOS	19
DEGRADAÇÃO DA PAISAGEM	20
RUÍDOS E VIBRAÇÃO	21
POEIRA	22
EROSÃO	23
POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
ETAPAS DA MINERAÇÃO E USO DE BIORREMEDIAÇÃO	24
DEGRADAÇÃO DA PAISAGEM	25
EROSÃO E POLUIÇÃO HÍDRICA	26
O REFORÇO DO SOLO PELAS RAÍZES.....	27
POEIRA	29
RUÍDO E VIBRAÇÃO	31
TEMPERATURA.....	32
MEDIDAS BIOLÓGICAS.....	33
CONCLUSÃO.....	33
Referencias bibliográficas	39

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Descrição das etapas e métodos	3
Figura 02 Grandes empreendimentos em curso no Estado do Rio de Janeiro	4
Figura 03 Decapeamento, retirada da cobertura vegetal	10
Figura 04 Decapeamento, retirada do solo	11
Figura 05 Brocas realizando perfuração	11
Figura 06 Arranjos geométricos do maciço	12
Figura 08 Preparação e carregamento para o processo de britagem	13
Figura 09 Rebritadores, visam a redução da pedra até o tamanho desejado	14
Figura 10 Emissão de material particulado para atmosfera gerado pelo trânsito interno de caminhões fora-de-estrada	14
Figura 11 Etapas da produção de brita	16
Figura 12 Pedreira totalmente inserida dentro da malha urbana	17
Figura 13 Impacto Visual. Morro da Colina, São Paulo/SP.	20
Figura 14 Detonação de uma bancada de pedreira.	21
Figura 15 Detonação de uma bancada de pedreira. Grande produção de poeira.	21
Figura 16 Rompimento de talude no topo da cava final de uma pedreira da RMRJ	23
Figura 17 Espécies altas formando uma cortina vegetal.	24
Figura 18 Erosão em talude de cava para extração de minério	26
Figura 19 Tipos de raízes	27
Figura 20 Pouca variedade de espécies, maior risco de ruptura	27
Figura 21 Espécies, profundidades e eficiência conservacionista	28
Figura 22 Efeitos de drenagem de poeira em plantações densas e ralas.	29
Figura 23 Movimentação do vento em plantações densas e ralas	29
Figura 24 Estrutura e espaçamento da cortina vegetal.	30
Figura 25 Cortina vegetal, barreira auditiva, visual e como sequestradora de gases poluentes.	31
Figura 26 Efeito da árvore na atenuação da temperatura	31
Figura 27 Cenário em desequilíbrio, comumente encontrado em pedreiras no ambiente urbano	32
Figura 28 Exemplo de fonte emissora de material particulado em uma pedreira.	34
Figura 29 Confinamento da fonte de emissão de particulados.	34
Figura 30 Distanciamento dos ventos da fonte de emissão de particulados	35
Figura 31 Retenção e direcionamento dos ventos.	36
Figura 32 Filtro verde, para controle de sedimentos fugitivos.	37

LISTA DE TABELA

Tabela 1	Classificação para tamanho comercial utilizada de brita.	Pág 15.
Tabela 2	Quadro-resumo dos impactos ambientais por etapa de produção.	19
Tabela 3	Redução da erosão em função do recobrimento	26

-

LISTA DE ABREVIACOES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CMMAD	Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DRM/RJ	Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMS	Imposto de Comércio Mercadorias e Serviços
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MME	Ministério de Minas e Energia
MMA	Ministério de Meio Ambiente
PCA	Plano de Controle Ambiental
PPA	Plano PluriAnual
PRAD	Plano de Recuperação de áreas Degradadas
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SEMA	Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro
SINDIBRITA	Sindicato das Indústrias de Brita do Estado do Rio de Janeiro
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SGM	Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

INTRODUÇÃO

O homem nos seus primórdios sabia da importância da natureza para a sua sobrevivência. Já o homem urbano sabe pouco sobre o ambiente natural, embora seja intrínseca a necessidade do reencontro do equilíbrio entre a natureza e o ambiente urbano. Dessa forma, nas intervenções antrópicas sobre o meio ambiente natural, os conceitos de preservação passam a ser condicionantes para amenizar os impactos causados pelo desenvolvimento urbano.

Para isso a presença das áreas verdes nos centros urbanos, os conceitos e a prática, mais comumente aplicados na arborização urbana são largamente utilizados no Brasil, sendo a sua importância indiscutível e reconhecidas às muitas funções ambientais nesses ambientes antropizados. Seguindo o mesmo princípio, a utilização planejada e mais específica das potencialidades dessa vegetação, verificando as características específicas de cada espécie, como arbustivas e herbáceas, pode ser direcionada para mitigação dos impactos na mineração de brita através das medidas biológicas, já que esta atividade já faz parte do cenário urbano atual. Sendo esta a principal base de pesquisa deste trabalho

Tal abordagem parte do princípio de que para que haja crescimento urbano responsável, deve-se existir o conhecimento e a divulgação dos aspectos ambientais dos empreendimentos atendendo às expectativas de uma melhoria no desempenho ambiental local. Conhecendo-se, previamente, os problemas associados à implantação e operação do empreendimento, por meio de planejamento, pode-se adotar medidas que os evitem ou atenuem, reduzindo os danos ambientais e, conseqüentemente, os custos envolvidos na sua remediação ou correção.

O Estado do Rio de Janeiro possui aproximadamente 16 milhões de habitantes, concentrando 8,4% da população brasileira (IBGE, 2012), figurando-se como um dos mais densos, com intensa atividade comercial e industrial. Graças a essas características, entre outras, firmou-se como vocacionado no setor mineral, basicamente à produção de insumos para a construção civil, em arranjos de produtores de pequena escala, os chamados Pólos Mineraiis, proporcionando insumos para sua infraestrutura interna, de maneira a atender a crescente demanda por espaços urbanizados.

O estado vive um momento estratégico pelo conjunto de obras e eventos de grande exposição internacional, com expectativa de aumento significativo da população flutuante pelos eventos internacionais previstos nos próximos anos, como a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016, além de seguir a tendência do governo brasileiro, declarado pelo Ministério de Minas e Energia, em 2008, no Plano Nacional de Agregados Mineraiis para Construção Civil-PNACC, dando prioridade ao atendimento do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

Em contrapartida, tal desenvolvimento, juntamente com a necessidade da proximidade fornecedor-consumidor, tem aproximado à população dos empreendimentos mineradores (pedreiras) e dos impactos gerados pela extração mineral, tais como emissão de poeiras, ruídos e vibrações. Sendo assim, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) constitui-se num nítido exemplo de desenvolvimento acelerado e dos conflitos de interesse associados à mineração de brita. Sendo essencial o desenvolvimento harmônico, através de decisões arrojadas e técnicas bem definidas, desde a sua implantação.

A exploração, por tanto, é necessária, porém deve ser feita envolvendo o planejamento sistematizado das ações, desde a fase de pesquisa até o seu fechamento, respeitando-se as leis vigentes para o setor e buscando-se a maior quantidade de recursos para harmonizar o processo, pois trazem passivos ambientais muitas vezes

desnecessários, além dos já envolvidos no processo, e a transformação permanente da paisagem envolvida.

Tais serviços ambientais podem ser obtidos através do uso de medidas biológicas, identificando suas características funcionais, que quando direcionadas e tendo domínio dos aspectos ambientais envolvidos, ajudam a restaurar os atributos do ambiente, segundo SIEBERT (1999), trazendo conforto ambiental e contribuindo para sustentabilidade, sendo essa uma tendência contemporânea de planejamento urbano sustentável.

Com este objetivo, surge uma ferramenta na mitigação de diversos impactos, o uso dos serviços ambientais, processos gerados pela própria natureza, que aliados a outras tecnologias podem representar um auxílio na harmonização da indústria de agregados no contexto urbano, complementando as técnicas tradicionais existentes.

Objetivo Geral

Sugerir técnicas de recuperação por meio de medidas biológicas para mitigação dos impactos ambientais, buscando a harmonização do setor de mineração com o contexto de sustentabilidade.

Objetivos Específicos

1. Descrever as principais atividades da mineração de brita no Estado do Rio de Janeiro;
2. Analisar os principais tipos de impactos ambientais causados pelo processo de mineração de brita;
3. Propor medidas de mitigação ambiental para os principais tipos de impactos causados pelo setor.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa busca a geração de conhecimentos dirigidos às soluções de problemas práticos específicos, estabelece relações entre variáveis conhecidas que influenciam o problema e identifica os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno, aprofundando o conhecimento da realidade (VERGARA, 2006).

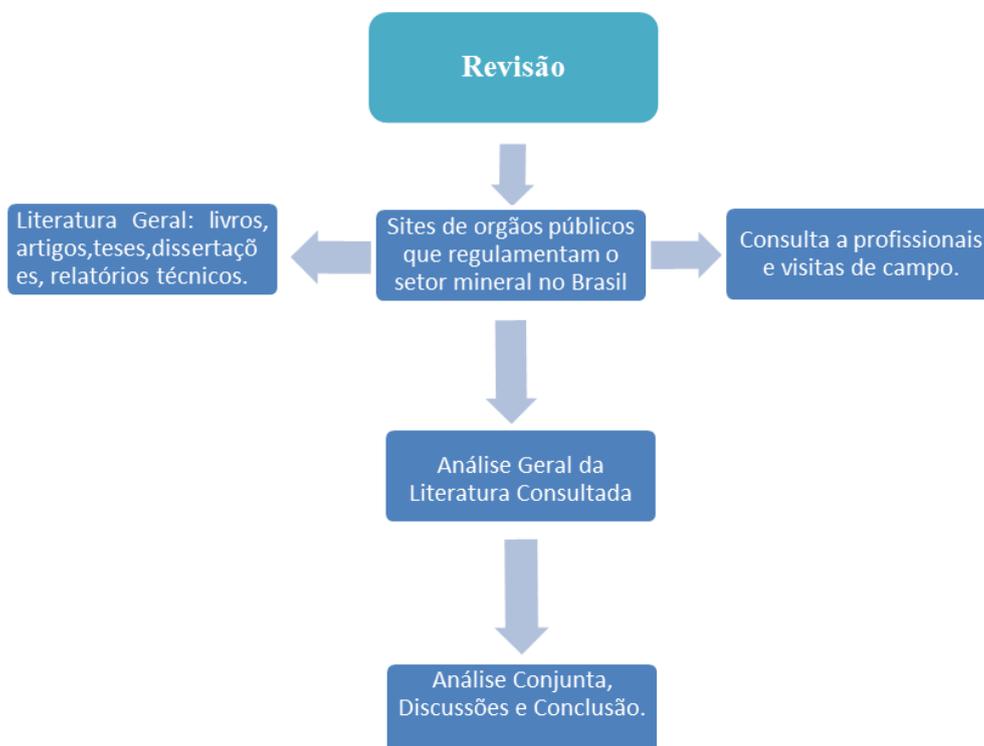
A metodologia utilizada buscou integrar diversos campos do conhecimento científico, de forma a gerar um diagnóstico do setor produtor de brita no Estado do Rio de Janeiro.

Como descrito resumidamente na figura 1, foi realizada revisão bibliográfica geral sobre mineração, meio ambiente, legislação mineral e ambiental, impactos ambientais, uso de vegetação para mitigação de impactos ambientais, entre diversos outros conhecimentos, além de pesquisas bibliográficas específicas via internet.

Também foi realizada uma visita técnica, no município de Queimados, estado do Rio de Janeiro, objetivando a visualização do cenário minerário e todas suas etapas e detalhamentos, essencial para a compreensão do trabalho.

A legislação vigente sobre mineração e meio ambiente está disponível nos sites dos órgãos públicos, como do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (www.dnpm.br) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - IBAMA (www.ibama.br), dentre outros.

ABORDAGEM METODOLÓGICA



(Adaptado TONIDANDEL,2011).

Figura 01. Descrição das etapas e métodos.

A partir da literatura consultada e da visita de campo, foi desenvolvida uma análise detalhada e descritas informações sobre os aspectos que abordam as atividades da mineração de brita apontando os pontos onde podemos interferir positivamente utilizando técnicas de mitigação de impactos ambientais. São eles:

- Aspectos legais aplicados à mineração, ao meio ambiente, destacando as legislações federais e estaduais;
- Identificação das etapas da mineração de brita e dos potenciais impactos;
- Análise dos serviços prestados pelas medidas biológicas para os respectivos impactos.

O trabalho foi direcionado ao Estado do Rio de Janeiro (ERJ), localizado no sudeste do Brasil, cujo PIB totaliza 57% do PIB nacional, sendo 11,3% (R\$343 bi) somente do estado. O ERJ ocupa 42.766km², representando 0.52% do território nacional.

Segundo o Panorama do setor Mineral do Estado do Rio de Janeiro, divulgado pelo Departamento de Recursos Minerai-RJ, de 2012, o Rio de Janeiro deverá receber, no período de 2011-2013, investimentos públicos e privados que somam R\$181 bilhões, como mostra a figura 2.

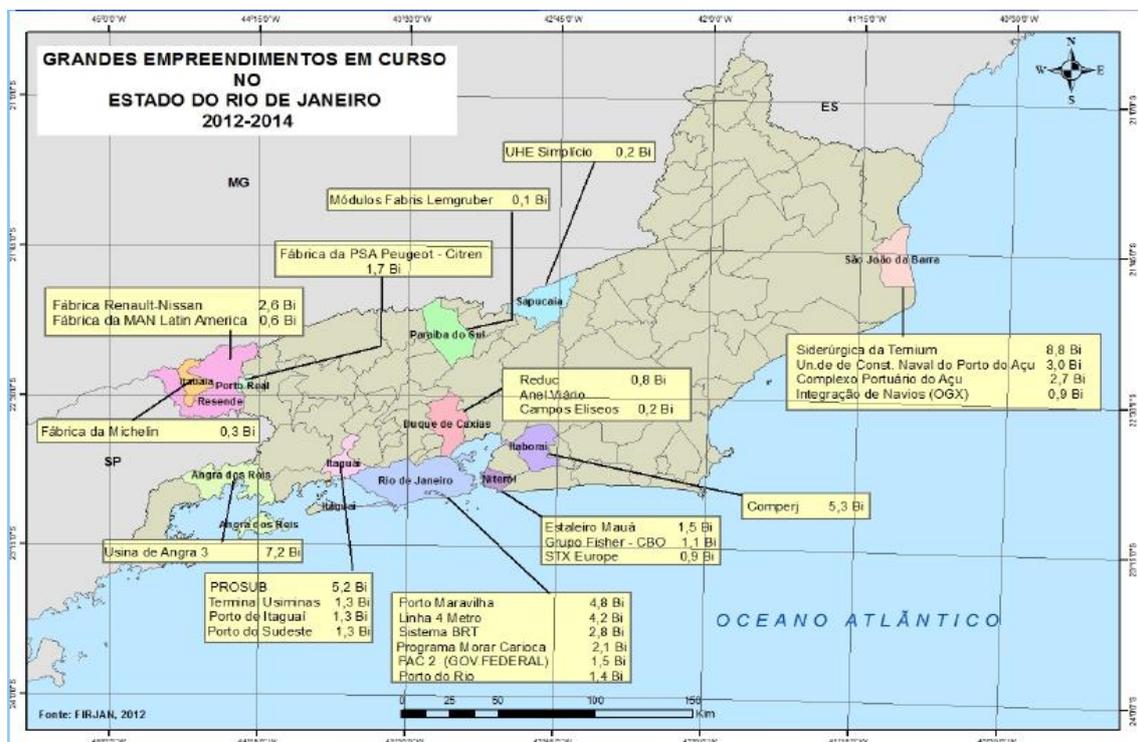


Figura 2: Grandes empreendimentos em curso no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: (DRM, 2012).

O volume do investimento, comparado com a pequena dimensão territorial do estado – apenas 42.7 mil quilômetros quadrados – dá o título de maior concentrados de investimentos em todo o mundo: mais de R\$ 4 milhões por quilômetro quadrado, identificando assim a emergência por medidas capazes de mitigar os impactos ambientais..

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

PANORAMA BRASILEIRO

O Brasil desde 23 de janeiro de 1934, apesar de não ter consciência do conceito de sustentabilidade e nem possuir a vertente do direito ambiental, definiu um Código Florestal, instituído pelo Decreto nº 23.793, posteriormente revogado pela Lei 4.771/65 e mais recentemente substituído pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Tal norma trata sobre a proteção da vegetação nativa, trazendo conceitos que estabelecem limites de uso da propriedade, que deve respeitar a vegetação existente na terra, considerada bem de interesse comum a todos os habitantes do Brasil.

Além disso, criou o Código de Águas Minerais em 1945 e vinte anos depois surgiu o Código de Mineração (1967), culminando no período de Geisel com a publicação da Lei nº 6.567/78 que denotava o desejo de controle sobre o solo e subsolo brasileiro.

Porém a divulgação e implementação do Direito Ambiental no Brasil se deu principalmente pela pressão internacional exercida quanto à gravidade da deterioração, em ritmo acelerado, das condições ambientais na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano em 1972, em Estocolmo.

Esse evento, promovido pela Organização das Nações Unidas (ONU), contou com a participação de 114 países e adveio da observação das nações ricas e industrializadas na degradação ambiental originada pelo seu próprio modelo de crescimento econômico, aliado à progressiva escassez de recursos naturais.

O Brasil foi contrário a tal posicionamento durante certo tempo, principalmente durante o período militar, onde se vivia um momento de crescimento conhecido como “milagre econômico” e como resultado liderou um grupo de países defendendo o crescimento a qualquer custo, ou seja, as nações em desenvolvimento ou subdesenvolvidas não deveriam arcar com os custos trazidos pela proteção ao meio ambiente, sob o pretexto de que eram alvos de problemas socioeconômicos gravíssimos.

Porém, a pressão internacional forçou novos princípios e preceitos constitucionais que surgiram como consequência do evento de 1972, através de uma carta documental (*soft law*, expressão internacional), estimulando no Brasil a elaboração de suas próprias normas regulatórias. O primeiro diploma legal a surgir foi a Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6938, em 1981 e posteriormente a Constituição Federal em 1988, com seus textos baseados no documento gerado no evento internacional.

Em 1986, surgiu a Resolução n. 001/86, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que definiu impacto ambiental como sendo “[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas no meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a) à saúde, segurança e o bem estar social; b) as atividades sociais e econômicas; c) à biota; d) às condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e e) à qualidade dos recursos ambientais”.

Então, em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD), criada para estudar o tema apresentou seu relatório intitulado *Our Common Future* (Nosso futuro comum), também conhecido como Relatório Brundtland, que cunhou a expressão desenvolvimento sustentável.

Tal sentimento foi confirmado pelo Brasil quando em 1992 recebeu a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), mais conhecida como ECO-92 ou Rio-92, na qual participaram mais de 150 países. Esta é considerada uma das mais importantes conferências sobre o assunto,

na qual vários documentos foram produzidos, entre eles a Convenção da Biodiversidade e a Agenda 21.

Depois de 20 anos o Brasil recebeu a Rio +20, Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), realizada em 2012 na cidade Rio de Janeiro sendo considerado o maior evento já realizado pela Nações Unidas. A Conferência contou com a participação de chefes de estados de cento e noventa nações cujo objetivo era discutir sobre a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável.

DIREITO AMBIENTAL E MINERAÇÃO

Já no primeiro momento os recursos minerais foram citados, conforme disposto no artigo 3º, inciso 5, da lei nº 6.938: “Entende-se por recursos ambientais a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a flora e a fauna”.

Segundo Tonidandel (2011), os recursos minerais possuem natureza jurídica difusa. São bens coletivos e individuais que devem ser utilizados da melhor maneira possível, tendo em vista o seu caráter indisponível. Ressalta-se que, outra particularidade das leis da natureza é que elas são regidas pelo princípio da causalidade, diferentemente das leis humanas que atendem ao princípio da finalidade. Além disso, Segundo Machado (1989), os princípios básicos de uma política de recursos naturais, ou em particular de recursos minerais, devem ser buscados em face da realidade de cada país, tendo em vista o seu estágio de desenvolvimento econômico, político e social.

O direito pode ser compreendido como um instrumento de controle social, ele regula as relações sociais por meio do estado, que é o órgão competente para elaboração das leis. A necessidade de regulação, em especial para os recursos minerais, deve-se a sua natureza não renovável e por estarem cada vez mais presentes em quase todas as utilidades e serviços usados pelo homem. Sendo assim, sua exploração e capacidade de transformação estão diretamente relacionadas à evolução da sociedade.

A legislação mineral no Brasil foi iniciada por meio do Código de Água Minerais em 1945, e depois de vinte anos surge na constituição o Código de Mineração (1967). Desde essa época, os recursos minerais da superfície e do subsolo já pertenciam à União, cabendo ao Departamento de Minas e Energia e de Saúde fiscalizar. Ao Ministério da Saúde compete a avaliação da água para o consumo humano. Nas décadas de 70 e 80 houve pouco avanço na legislação, demonstrando que a legislação no período da ditadura brasileira era satisfatória no momento. Somente era previsto o valor econômico e a qualidade da água para o ser humano. No período de Geisel foi publicada a Lei nº 6.567/78 que denotava o desejo de controle sobre o solo e subsolo brasileiro. Na constituição de 1988, o meio ambiente e sua preservação foi mencionado, cujo Art. 225 diz que *"todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida"*, (...). Porém, a penalização da pessoa jurídica aparece na Carta Magna com a Lei nº 9.605/98.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia *"a mineração no Brasil está submetida a um conjunto de regulamentações, onde os três níveis de poder estatal possuem atribuições com relação à mineração e ao meio ambiente. Em nível federal, os órgãos que têm a responsabilidade de definir as diretrizes e regulamentações, bem como atuar na concessão, fiscalização e cumprimento da legislação mineral e ambiental para o aproveitamento dos recursos minerais são os seguintes:"* Ministério de Minas e Energia; Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral; Departamento; Serviço Geológico do Brasil; Agência Nacional de Águas; Conselho Nacional de Recursos Hídricos; Conselho Nacional do Meio

Ambiente; Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, Recursos Naturais Renováveis e Centro de Estudos de Cavernas.

A exigência legal inicial para a pesquisa e lavra de qualquer substância mineral é a solicitação formal ao DNPM, além disso se faz necessário a licença ambiental fornecida pelos órgãos afins.

Para a exploração e o aproveitamento dos recursos minerais dispõe-se dos regimes de autorização de pesquisa e de concessão de lavra, licenciamento, permissão de lavra garimpeira e monopólio.

Para o caso da exploração e aproveitamento de agregados e rochas para britagem, o regime de exploração tanto pode ser o de autorização de pesquisa e de concessão de lavras quanto o de licenciamento. No caso do regime a ser utilizado for o de autorização de pesquisa e de concessão de lavra, obtendo-se o alvará de autorização, este é válido por três anos e sendo renovável uma vez, sendo transferível para terceiros com prévia concordância do DNPM. Em se obtendo resultado positivo, a viabilidade econômica de uma jazida, requer-se a concessão de lavra ou pode se negociar o direito com terceiros. É necessário que uma empresa de mineração exerça o direito da lavra.

No regime de licenciamento - aplicável a materiais de uso imediato na construção civil, rochas para pavimentação e outros usos imediatos, argilas para cerâmica vermelha, rochas para brita e calcário para corretivo de solo – é necessário licença do prefeito e registro dessa junto ao DNPM, sendo o requerente proprietário do solo ou pessoa autorizada. O prazo da licença é dado pela autoridade local, sendo renovável e a área máxima permitida é de 50 ha. Também no regime de autorização de pesquisa e de concessão de lavra, para as substâncias acima referidas, a extensão máxima é de 50 ha.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Segundo Pearl Antonius (1999) o tema mineração vem adquirindo relevância jurídica nos últimos tempos no Brasil. É possível encontrar referências legislativas antes da independência do país, porém após a reestruturação política foi consolidada com a promulgação da Constituição Federal de 1988. Desde que a descoberta e o aproveitamento de tais bens começaram a contar com uma regulamentação normativa, a problemática mineral, de uma questão meramente econômica e política, passou a ser, também, uma questão jurídica.

A Carta Magna de 1988 traz os princípios fundamentais que se baseiam os instrumentos da Administração Pública, inclusive sobre a atividade de mineração em relação à proteção do meio ambiente, sendo eles:

O artigo 225 da Constituição estabelece que cabe ao Poder Público:

- *"Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;"* e

- *"Controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a saúde, a qualidade de vida e o meio ambiente;"*

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

Em decorrência destes dispositivos constitucionais, o exercício da atividade mineradora no País está condicionado a três instrumentos específicos de controle do Poder Público, no que tange aos riscos potenciais de danos ao meio ambiente resultantes da lavra: o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA), o Licenciamento Ambiental (LA) e o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD). Porém o Estado do Rio de

Janeiro, diante da grande quantidade de produtos agregados da construção civil aprovou, no final de 2012, a Lei Estadual 6.373/2012, deixando para o órgão ambiental competente a necessidade de EIA/RIMA ou somente a execução do Relatório de Controle Ambiental-RCA.

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é exigido para o licenciamento ambiental de qualquer atividade de aproveitamento de recursos minerais, tem sua definição, normas e critérios básicos, e diretrizes de implementação estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 1/86.

O EIA, a ser elaborado obrigatoriamente por técnicos habilitados, deve estar consubstanciado no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), o qual é submetido ao órgão de meio ambiente estadual competente, integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), para análise e aprovação. Nesta fase, o RIMA deve ser tornado público para que a coletividade ou qualquer outro interessado tenha acesso ao projeto e a seus eventuais impactos ambientais e possa conhecê-los e discutí-los livremente, inclusive em audiência pública.

A aprovação do EIA/RIMA é o requisito básico para que a empresa de mineração possa pleitear o Licenciamento Ambiental do seu projeto de mineração.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL

A obtenção do Licenciamento Ambiental (LA) é obrigatória para a localização, instalação ou ampliação e operação de qualquer atividade de mineração objeto dos regimes de concessão de lavra e licenciamento.

As principais diretrizes para a execução do licenciamento ambiental estão expressas na Lei 6.938/81 e nas Resoluções CONAMA nº 001/86 e nº 237/97, sendo esse licenciamento regulado pelo Decreto nº 99.274/90. Além dessas, recentemente foi publicado a Lei Complementar nº 140/2011, que discorre sobre a competência estadual e federal para o licenciamento, tendo como fundamento a localização do empreendimento.

- **Licença Prévia (LP)** - é pertinente à fase preliminar do planejamento do empreendimento de mineração e contém os requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso de solo.

O Plano de Aproveitamento Econômico da jazida (PAE), o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) e o EIA/RIMA são documentos técnicos exigidos para a obtenção da Licença Prévia, cuja tramitação é concomitante ao do pedido de concessão de lavra.

- **Licença de Instalação (LI)** - autoriza o início de implantação do empreendimento mineiro, de acordo com as especificações constantes do Plano de Controle Ambiental aprovado.

- **Licença de Operação (LO)** - após autorização do órgão competente, licencia o início da atividade e o funcionamento de seus equipamentos e instalações de controle de poluição, de acordo com o previsto nas Licenças anteriores.

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Outra exigência do órgão ambiental competente é a submissão do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), atendendo ao Decreto nº 97.632/89, sempre quando houver a necessidade de apresentação do Estudo e Relatório de Impactos Ambientais(EIA/RIMA).

O objetivo amplo dos PRADs é a garantia da segurança e da saúde pública, através da reabilitação das áreas degradadas pelas ações humanas, de modo a retorná-las às condições desejáveis e necessárias à implantação de um uso pós-degradação previamente eleito e socialmente aceitável (LIMA; FLORES; COSTA, 2006). O PRAD aprovado pode ser revisto ou alterado posteriormente, com a concordância do órgão ambiental competente, com vistas a incorporar inovações tecnológicas ou alternativas mais adequadas em razão do desenvolvimento dos trabalhos de lavra.

Tais ações conservacionistas são constituídas basicamente por medidas físicas, físico-biológicas e biológicas.

As medidas físicas tem ação em curto prazo quando o nível de degradação é muito alto, promovendo o estancamento dos processos através de obras físicas de engenharia, como: canaletas, caixas de sedimentação, defletores, diques e gabiões.

As medidas físico-biológicas são barreiras físicas temporárias, associadas a espécies vegetais, que visam otimizar a infiltração e retenção de umidade, como as biomantas e “almofadas”.

Também existem as medidas biológicas, plantio de vegetação, predominantemente essências florestais de diferentes estágios sucessionais e com funções ecológicas distintas e específicas, podendo ser utilizadas para auxiliar e complementar na mitigação dos impactos ambientais.

SISTEMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

Dadas às dimensões do País e as peculiaridades regionais ou locais, a execução da política brasileira de meio ambiente se dá nos três diferentes níveis da Administração Pública - federal, estadual e municipal.

A coordenação e formulação da Política Nacional do Meio Ambiente é de responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente. A ele se vincula o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão deliberativo e consultivo de política ambiental.

É de competência do CONAMA o estabelecimento das normas, padrões e critérios para o licenciamento ambiental a ser concedido e controlado pelos órgãos ambientais estaduais e municipais competentes, integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em caráter supletivo.

O IBAMA, autarquia sob jurisdição do Ministério do Meio Ambiente, é o órgão responsável pela execução da Política Nacional do Meio Ambiente em nível federal.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL FEDERAL

A legislação infraconstitucional, que disciplina a matéria ambiental relativa à atividade de mineração, está consubstanciada basicamente nos seguintes diplomas legais, resoluções e portarias:

· Leis Federais:

- Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 e suas alterações (Leis nºs 7.804, de 18 de julho de 1989, e 8.028, de 12 de abril de 1990) - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação;

- Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

· Decretos Federais:

- Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989 - Dispõe sobre plano de recuperação de área degradada pela mineração;
- Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 - Regulamenta a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.
- Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA
- Resolução do CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986 - Estabelece critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA);
- Resolução do CONAMA nº 009, de 6 de dezembro de 1990 – Dispõe sobre normas específicas para a obtenção da licença ambiental para a extração de minerais, exceto as de emprego imediato na construção civil.
- Resolução do CONAMA nº 010, de 6 de dezembro de 1990 – Dispõe sobre o estabelecimento de critérios específicos para a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil.
- Resolução do CONAMA nº 2, de 18 de abril de 1996 - Dispõe sobre a compensação de danos ambientais causados por empreendimentos de relevante impacto ambiental;
- Resolução do CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997 - Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental.

Ressalte-se que as unidades da federação e os municípios têm competência suplementar, estabelecida pela própria legislação federal, para disciplinar de forma complementar, em suas áreas de jurisdição, as normas estabelecidas pelo Governo Federal sobre a questão ambiental, não podendo, contudo, contrariá-las.

ATIVIDADE MINERAL

A brita é o produto final da transformação de um maciço rochoso presente em uma jazida mineral, mais comumente explorado pelo método de lavra a céu aberto (figura 3). Vários tipos de minerais são empregados no processo de produção da brita, sendo os mais comuns: granito, calcário e basalto.

Segundo Hennies et al, (2005), os sítios de mineração recebem o nome de minas. A pedreira é um caso partícula de mineração a céu aberto e esta denominação está associada à natureza do produto explorado (rocha para brita), o qual é extraído, beneficiado e utilizado sem que ocorram transformações químicas.

Segundo Germani (2012), no Brasil, as decisões para equipar as minas remontam desde seu início, porém tendo em vista os elevados investimentos, elas não são amplas. Quase todas as minas foram sendo modernizadas com o tempo, convivendo-se por longos períodos com os equipamentos existentes, muitas vezes inadequados.

O processo de extração de brita é iniciado com a determinação do local de exploração através de pesquisas, seguido da limpeza do maciço rochoso (retirada de vegetação e excesso de solo), perfuração da rocha, carregamento dos explosivos, detonação e transporte da pedra detonada para o beneficiamento. Finalizando o processo de transformação da rocha em brita pela sua classificação.

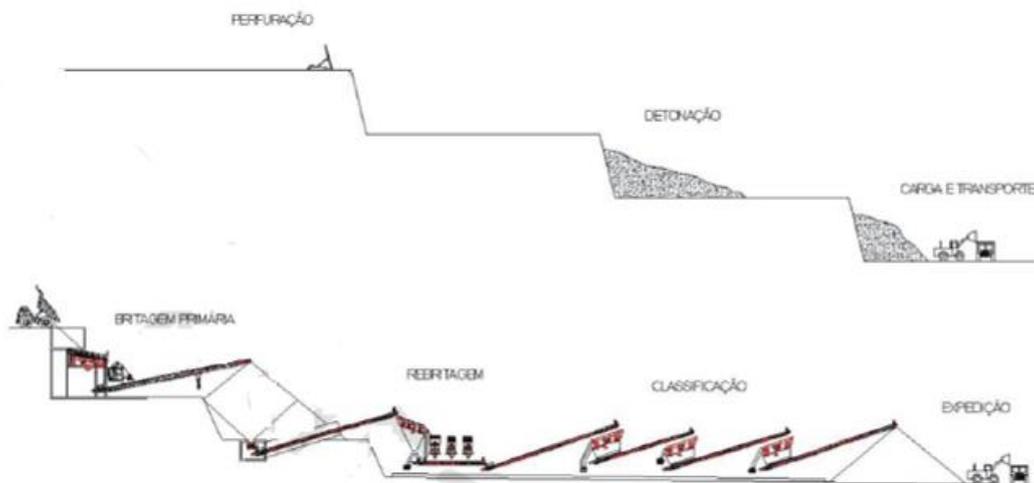


Figura 3- Etapas da produção de brita. Piquet,2008.

LIMPEZA DO LOCAL DE EXPLORAÇÃO

Na eventualidade de existir uma camada do material de capeamento, solo e cobertura vegetal no local a ser explorado, essa deve ser removida juntamente com o solo (argila, areia, etc), tornando o maciço rochoso exposto e apto para ser perfurado e evitando que o produto final seja contaminado. Para o decapeamento são utilizadas escavadeiras, tratores e caminhões, como apresentam as figuras 4 e 5. O material não vegetal, estéril e inerte, removido geralmente é descarregado em áreas específicas para formação de aterros, que pode servir como uma fonte de material para recuperação de áreas de empréstimo ou até mesmo das áreas de mineração.



Figura 4: Decapeamento e retirada da cobertura vegetal no local a ser explorado. Fonte: CRAFT Engenharia, 2013.



Figura 5: Decapeamento e retirada do solo para exposição da rocha no local a ser explorado. Fonte: CRAFT Engenharia, 2013.

PERFURAÇÃO E CARREGAMENTO DOS FUROS

A perfuração do maciço rochoso é efetuada com o emprego de técnicas específicas que ajudarão a determinar por cálculos os diâmetros de perfuração, profundidade de furos, afastamentos, espaçamentos, inclinação, entre outros, para a marcação de malhas para a atuação das perfuratrizes pneumáticas ou hidráulicas e posterior detonação. Determinados todos os parâmetros é iniciado o processo de perfuração com o uso de hastes de aço e brocas conhecidas como bit.

O carregamento consiste na colocação de explosivos nos furos, em quantidades determinada previamente, em função da qualidade de tamanho desejado. Tal processo é conhecido como plano de fogo e a sua boa execução é essencial, visando a redução dos impactos ambientais, como poeira e vibração.

Geralmente são utilizadas brocas a ar comprimido, abertos furos de 1,5 polegadas e 10 metros de profundidade, colocadas dinamites e tampados para posterior detonação, como mostrado na Figura 6.



Figura 6 – Brocas realizando perfuração na rocha matriz no processo de mineração de brita. CRAFT Engenharia, 2013.

DESMONTE DO MACIÇO ROCHOSO

A fase de perfuração da rocha, chamada desmonte, onde são necessárias preparações adequadas, como cálculo e marcação de malhas de acordo com especificações de diâmetro de perfuração dos furos, afastamentos, espaçamentos e inclinações de forma a se obter bons resultados de fragmentação e estabilidade de bancadas resultantes, sendo mais comum o uso de perfuratrizes de carreta e marteletes pneumáticos e a execução de furos verticais, cujos ângulos variam de 15° a 20°.

A determinação das cargas de explosivo, dos arranjos geométricos do maciço, da sequência de detonação (Figura 7), bem como de outras variáveis do processo são feitas de acordo com fundamentos científicos e relações empíricas características, constituindo o plano de fogo do desmonte.



Figura 7: Arranjos geométricos do maciço. Todas as etapas devem ser corretamente executadas. CRAFT Engenharia, 2013.

Após a perfuração, vem o carregamento com explosivo e o desmonte da bancada, operação denominada de "fogo primário". Esta operação é feita de acordo comum com o "Plano de fogo" previamente elaborado sob a supervisão de engenheiros com experiência em planejamento de lavra. A etapa consiste no carregamento dos furos com explosivos previamente selecionados e dentro de especificações técnicas condizentes com o melhor desempenho e segurança. Carregados, os furos são ligados por cordéis detonantes e ou acessórios de iniciação pontual e, posteriormente iniciados e detonados.

Divide-se o carregamento do furo em três partes: carga de fundo; carga de coluna e tamponamento. A carga de fundo representa propriamente o desmonte, sendo, portanto mais concentrada ou densa que a carga de coluna. A maior concentração serve para romper a base da bancada, pois é nesta posição que a "resistência da rocha" é proporcionalmente maior que nas proximidades da superfície.

A carga de coluna auxilia no desprendimento e fragmentação da bancada. Por último, vem o tamponamento, que pode ser feito com, pó-de-pedra (mais usado); serragem; pedrisco ou tamponamentos pré-moldados de material plástico já existentes no mercado. Esta vedação é responsável pela redução da expansão dos gases através do colar do furo. Consequentemente o tampão serve para reduzir o nível de pressão sonora

resultante da detonação. Todavia, um tampão de altura elevada ou mal dimensionada, pode incrementar a vibração do solo.

DESMONTE SECUNDÁRIO DAS ROCHAS

Garante que a totalidade das pedras terá o tamanho adequado para lançamento direto na abertura do britador primário. São vários os fatores que podem acarretar em pedras com tamanho superior ao esperado:

- a) dureza da rocha;
- b) fragmentações ocultas;
- c) perfuração com tamanho inadequado;
- d) carregamento inadequado etc.

BRITAGEM PRIMÁRIA

O material resultante do desmonte primário é recolhido por uma escavadeira hidráulica, que deposita em caminhões para descarregamento no alimentador do britador primário. Esse britador é composto por duas mandíbulas que trituram a rocha por esmagamento (tipo moinho). A pedra após passar pelo britador primário terá seu tamanho reduzido para a dimensão mais adequada ao processo final de britagem (Figura 8). Essas pedras podem ser imediatamente transportadas para a rebitagem ou destinadas à formação de uma pilha intermediária, conhecida como pilha pulmão. A pilha pulmão tem a finalidade de manter material em estoque para rebitagem.



Figura 8: Preparação (pré-fragmentação) e carregamento dos caminhões com o material de desmonte primário para o transporte para o processo de britagem. Fonte: CRAFT Engenharia, 2013.

REBRITAGEM

Os rebitadores são equipamentos que moem a pedra por atrito, devendo ser regulados para permitir a quebra da pedra em conformidade com a granulometria final desejada (Figura 9).



Figura 9: Rebritadores, fragmentam a rocha até o tamanho desejado. CRAFT Engenharia, 2013.

CLASSIFICAÇÃO FINAL

A classificação final da brita é efetuada pelo conjunto de peneira vibratória, composto por uma ou mais peneiras. A brita retida é devolvida ao rebitador até que se obtenha o produto na granulometria desejada, de acordo com a classificação aceita comercialmente (Tabela1). A brita que passou na peneira cai numa bica e desta é conduzido por um transportador de correia para formação da pilha final do produto.

Tabela 1 – Classificação do tamanho comercial utilizada de brita.

Classificação	
Brita zero	4,8 a 9,5 mm
Brita	9,5 a 19,0 mm
Brita 2	19,0 a 25,0 mm
Brita 3	25,0 a 38,0 mm
Brita 4	38,0 a 76,0 mm
Pedra-de-mão	> 76,0 mm

EXPEDIÇÃO

Nas vias de acesso interno da pedreira e nas praças de serviço, normalmente o piso sobre o qual caminhões e máquinas transitam é constituído de terra ou de rocha. Este tipo de base produz a emissão material particulado para a atmosfera (Figura 10), caso não recebam uma umectação adequada. A formação de nuvens de poeira devido ao tráfego de caminhões e outros equipamentos nas áreas de servidão e nas estradas

externas geram um impacto direto, negativo, temporário, local e reversível, mas de difícil controle, resumidamente, impacto visual, ruído e poluições diversas.



Figura 10: Emissão de material particulado para atmosfera gerado pelo transito interno de caminhões fora-de-estrada, nos sítio de mineração de brita.

CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS

A indústria extrativa mineral ocupa-se do aproveitamento dos recursos minerais existentes na natureza, adotando princípios consagrados pela economia industrial. Porém, o setor mineral tem algumas características próprias que o diferenciam dos demais, necessitando, sob alguns aspectos, de tratamento diferenciado ou complementar (SILVA, 1994).

A mineração, como qualquer outra atividade, é transformadora do meio ambiente, causando impactos positivos e negativos em seus diferentes componentes, ou seja, nos meios físico, biológico e socioeconômico.

Em geral, os impactos nos meios físico e biológico induzem ou projetam impactos no meio socioeconômico. Isso pode ser observado, na atividade mineral em áreas urbanas, onde a proximidade entre ambas evidencia os problemas socioeconômicos existentes (Figura 11). Ao contrário, nas minerações localizadas longe das áreas povoadas, em geral, são observados mais nitidamente os impactos biogeofísicos.



Figura 11 - Pedreira i que se instalou antes da malha urbana, porem hoje se encontra no seu interior, limitando sua vida útil (OLIVEIRA, 2006).

O conceito sobre o assunto está definido legalmente pela Resolução CONAMA n°01/86, em seu Art. 1*, “*considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: (i) a saúde, a segurança e o bem estar da população; (ii) as atividades sociais e econômicas; (iii) a biota; (iv) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; (v) a qualidade dos recursos ambientais.*”

Segundo Neto (2011), os maiores impactos gerados na mineração decorrem das atividades de perfuração, detonação, processamento e abertura de cava da mineração.

Controlando-as com planejamento e equipamentos especializados, os impactos ambientais estarão minimizados e garantirão o aumento da vida útil da mineração.

Segundo Elvis, 2006, a melhor forma de melhorar a eficiência é integrar as vertentes qualitativa e quantitativa do impacto ambiental numa determinada pedreira. Seus objetivos de compor uma ação de formação que atue favoravelmente sobre os atores e meios de produção.

Assim, embora a mineração cause impactos significativos sobre o meio ambiente, alguns dos quais realmente são inevitáveis, a maioria pode ser contornada com a tomada de medidas de controle ambiental (MIRANDA, 1996).

As principais alterações causadas pela atividade de mineração podem ser resumidas em: supressão vegetal, reconfiguração de superfícies topográficas, impacto visual, aceleração de processos erosivos; indução de escorregamentos, modificação de cursos d’água, aumento da emissão de gases e partículas em suspensão no ar, aumento de ruídos; ultra-lançamentos, sobrepressão atmosférica, vibração do solo e geração de

áreas degradadas (CHIOSSI et al., 1982; Macedo et al., 1985; Teixeira, 1992 *apud* Bitar, 1997).

Algumas alterações socioeconômicas podem ser citadas, tais como: mudança do uso de solo, aumento da demanda de trabalho, aumento da circulação de veículos pesados (transtornos ao tráfego), aumento da arrecadação de impostos, depreciação de imóveis circunvizinhos e possibilidade de ocupação de áreas degradadas não remediadas por comunidades de baixa renda.

Antonio (2005), descreve que a previsão de impactos envolve a avaliação das possíveis cadeias de consequências que podem ser geradas na operação. É necessário realizar estudos aprofundados, caso a caso, sobre os fatores impactantes e os sistemas potencialmente impactáveis. Com base nisso este trabalho vai descrever alguns dos principais impactos identificados na mineração de brita:

IMPACTOS POSITIVOS

A brita é um produto da rocha empregado "*in natura*" na construção civil, diretamente ou através de sua utilização incluídos em produtos nos diversos setores da indústria, mostrando o seu caráter multifuncional e necessário ao desenvolvimento urbano.

O principal impacto positivo reflete-se na geração de riquezas e bem-estar, devido ao fato desses materiais se constituírem em um insumo básico de extrema importância, para a construção de moradias e de infra-estrutura básica.

Em consequência, permite o crescimento urbano (construção das cidades) e leva a um desenvolvimento regional, gerando infra-estrutura para outras atividades.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA (1998), os minerais de uso direto na construção civil tem uma forte capacidade multiplicativa na geração de empregos. Em 1979, último ano para o qual há disponibilidade dessa informação, somente na Região Metropolitana de São Paulo, a extração de agregados gerava cerca de 5.500 empregos, porém fornecia matéria prima para obras que geravam cerca de 220.000 empregos. Os quantitativos envolvidos neste processo são bastante representativos. No mesmo ano de 1979 foram consumidos cerca de 16,2 milhões de m³ brita e 6,3 milhões de m³ areia na mesma região, demonstrando a importância da atividade.

O recolhimento de tributos constitui um efeito benéfico da atividade, pois a mineração contribui aos fiscos municipais, estaduais e federais que, por sua vez, se reverterem em benefícios à própria sociedade.

Os impactos positivos das atividades de mineração são essencialmente de caráter socioeconômico.

IMPACTOS NEGATIVOS

No caso de mineração em áreas urbanas, o fato de se localizarem nas periferias das cidades, onde costumam se instalar as camadas populacionais de baixa renda, os impactos negativos se ampliam, visto que as moradias em geral de baixa qualidade e, portanto, estruturalmente menos resistentes, estão sujeitas a danos maiores, por exemplo, pela vibração proveniente das operações de rochas em pedreiras.

Além disso, os impactos extrapolam as fronteiras do empreendimento, impacto esse muitas vezes ignorado, causado pelo tráfego intenso de veículos pesados, carregados de minerais, causando uma série de transtornos à comunidade, especialmente as mais próximas à área de mineração. As principais consequências são o aumento da poeira e a emissão de ruídos que frequentemente deterioram as vias e elevam os níveis de ruído a que a população está exposta. Embora alguns itens do problema sejam de fácil resolução, como no caso da poeira, a solução global é difícil e só pode ser

minimizada após o estabelecimento de áreas específicas à atividade de mineração por meio do zoneamento. Segundo Mechi (1999) as causas dos impactos negativos em áreas urbanas relacionam-se principalmente a:

- falta de planejamento técnico dos processos de lavra e beneficiamento;
- inexistência de ferramentas (mecanismos) suficientes para o cumprimento da lei;
- escolha de técnica inadequada de mineração;
- fiscalização ineficiente da atividade pelos órgãos públicos;
- falta de conscientização dos mineradores e população.

Abaixo, descreve-se os principais impactos negativos resumidos na tabela 2 e posteriormente detalhados, de acordo com suas fontes de origem.

Tabela 2 - Quadro-resumo dos impactos ambientais por etapa de produção.

Bem Mineral	Estágios de Produção		
	Pesquisa e lavra	Tratamento	Transporte
Brita	vibração gerada pelo desmonte da rocha		
	Ruídos, gases e poeiras	Ruídos gerados pelos britadores e partículas em suspensão no ar	
	desmatamentos causando erosão do solo		geração de partículas em suspensão
	escorregamentos		
	aumento da turbidez das águas e sólidos em suspensão	geração de partículas de suspensão	Desgaste das vias de acesso(da mina ao consumidor final)
	assoreamento dos rios		
	modificação da paisagem		
	desvio e canalização de drenagens		
	destruição de habitats naturais e afugentamento da fauna		
	perda da biodiversidade do ambiente		

(adaptado, Mechi, 1999)

DEGRADAÇÃO DA PAISAGEM

A poluição visual é o primeiro efeito perceptível da mineração ao meio ambiente (Figura 12). Grandes crateras e lagos, paredões expostos, grandes máquinas, equipamentos e áreas devastadas são produtos da mineração em numerosos casos, impedindo sua posterior utilização.

Nas minas de maior porte, a recuperação da paisagem original é difícil ou praticamente impossível. Porém, a degradação ambiental pode ser atenuada ou até eliminada através da condução adequada das operações de lavra e de um projeto de reabilitação, que leve em conta o destino futuro a ser dado à área.



Figura 13 – Impacto Visual- Paredões expostos e áreas devastadas. Morro da Colina, São Paulo/SP.

RUÍDOS E VIBRAÇÃO

O desmonte de material consolidado é geralmente realizado através de explosivos resultando, em consequência, ruídos e vibrações quase sempre prejudiciais à tranquilidade pública.

Tal questão é agravada pela proximidade dos centros urbanos, visando à redução nos custos de transporte, além do próprio crescimento urbano fazendo com que as mesmas fossem gradualmente envolvidas pela urbanização. Nestes casos o deslocamento de ar (*air blast*) causado por frequentes detonações e a intensidade da onda de choque, que se propaga por toda a massa rochosa, como mostra a figura 13, pode colocar em risco as construções situadas nas vizinhanças, acrescido em menor escala pelos equipamentos, máquinas e caminhões em todo o processo.



Figura 13 - Detonação em pedreira urbana no Rio de Janeiro, causando poeira, vibrações e ruídos.

POEIRA

A poeira tem origem nos trabalhos de perfuração da rocha e se torna mais intensa nas etapas de desmonte, beneficiamento e transporte da produção. Essa poeira apresenta uma fração muito fina, que fica muitas horas em suspensão no ar, espalhando-se por extensas áreas. Esta poeira suspensa pode causar inúmeros problemas respiratórios à população atingida, além de alterações ambientais e estéticas.

A figura 14 mostra as instalações de beneficiamento (britagem, peneiramento, moagem e embalagem), produtoras de quantidades muito grandes de poeira e de finos. O despoeiramento das instalações de pedreiras e similares pode ser feito de diversas maneiras, de acordo, com cada caso.



Figura 14 – Beneficiamento (britagem, peneiramento, moagem e embalagem) produz quantidades muito grandes de poeira e de finos. Dicon Mineração, Quixadá.

EROSÃO

A erosão é um processo que pode ocorrer tanto nas camadas superficiais como nas mais profundas. Esta consiste na desagregação, decomposição e transporte de partículas de solo ou rochas (GALETI, 1979). A erosão possui agentes causadores e consequências. Os agentes que provocam o processo erosivo são: a chuva, o vento, o gelo, plantas e animais (SALOMÃO e IWASA, 1995).

Tais agentes podem atuar de forma conjunta ou separadamente. Independente do agente, a erosão acontece em três fases, que podem ou não ocorrer ao mesmo tempo. As três fases são: desagregação, transporte e deposição (GALETI, 1979).

A desagregação é marcada pelo choque, pelo impacto do agente sobre a superfície do solo. No caso da chuva, o impacto das gotas na superfície do solo causa uma desagregação das partículas; quanto maior as gotas, mais partículas de solo serão soltas. Assim como a intensidade da chuva interfere no grau de desagregação das partículas de solo, o tipo de solo e a cobertura vegetal também interferem nesse processo (GALETI, 1979).

Na segunda fase, acontece o transporte das partículas soltas. O tamanho da partícula, a intensidade do agente, a topografia do terreno e a presença de vegetação são fatores determinantes para a quantidade de material transportado.

Com relação ao tamanho das partículas, a interferência se dá na maneira como elas são transportadas, isto porque as partículas finas, argila, são transportadas em solução, enquanto o silte em suspensão. As partículas mais grossas são empurradas ou roladas; neste movimento é gerado atrito entre as partículas já desagregadas e a superfície do solo, o que provoca a desagregação de novas partículas (GALETI, 1979).

Por último, ocorre a deposição ou assentamento, quando o agente perde sua força, o que pode acontecer pela interrupção da ação do agente, ou pelo surgimento de um obstáculo ao longo do caminho que o fluxo de transporte de material está fazendo. São exemplos de obstáculos, áreas menos íngremes ou com mais vegetação (GALETI, 1979).

A erosão causa problemas e prejuízos tanto pela retirada do material quanto pelo seu depósito. A retirada de material pode desestabilizar taludes e encostas, como mostra a figura 15, provocando desmoronamento trazendo risco à população. E a deposição pode causar danos significativos ao sistema aquático assoreando os cursos de água (SALOMÃO e IWASA, 1995).



Figura 15 - Desmoronamento do talude no topo da cava final de uma pedreira da RMRJ. (Oliveira, 1996).

POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

A poluição das águas é causada pela desconstrução do ambiente, desde o decapeamento, tornando o solo livre, sendo este carregado pela água para os canais de drenagem e corpos hídricos. Além disso, caso não haja um controle ambiental adequado, podem ocorrer diversos tipos de poluição provenientes do processo, como rejeitos sanitários e óleos das máquinas.

O controle da erosão tem que ser feito através de barragens para contenção e sedimentação destas lamas. As barragens são muitas vezes os investimentos mais caros em controle ambiental realizado pelas empresas de mineração, tendo em vista que utilizam estruturas que dependem de obras físicas para sua execução. Por outro lado, estas barragens servem também para recirculação de água e podem não ser consideradas investimentos exclusivos de controle ambiental, podendo ser utilizadas, por exemplo, para o reaproveitamento da água

Os impactos associados às etapas de produção de brita, podem ser resumidos em três momentos: limpeza do local de exploração, perfuração, desmonte do maciço rochoso, desmonte secundário das rochas e carregamento dos furos o primeiro momento, britagem primária e rebritagem o segundo, classificação final e expedição o terceiro, sendo esses: pesquisa e lavra, tratamento e transporte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ETAPAS DA MINERAÇÃO E USO DE MEDIDAS BIOLÓGICAS

As atividades de mineração são caracterizadas por apresentarem grande capacidade de conturbar, danificar e em certos casos exaurir, quase por completo, áreas de grande extensão. Nesse cenário a utilização de medidas biológicas possui como principais vantagens a multidisciplinariedade dos benefícios, baixo custo, a alta durabilidade e o fácil manejo. Porém sua execução, correto dimensionamento são difíceis e os efeitos mais demorados do que medidas físicas tradicionais utilizadas em mitigação.

Todas as etapas da produção mineral de brita possuem impactos em comum, a degradação da paisagem local e a geração de poeira. Além desses, ruídos e vibração e

erosão, mais presentes nas fases de lavra e tratamento. Tais efeitos são de difícil avaliação e conseqüentemente difíceis de controlar adequadamente.

A partir dessa observação e da tabela 2 serão listados alguns impactos mais evidentes na operação de uma pedreira.

DEGRADAÇÃO DA PAISAGEM

Segundo observado por Valcarcel e Santos (1996) em particular o método a céu aberto, como atividade de apropriação de recursos naturais pelo homem, tem um visual mais impactante que a atividade em si, causando alto desconforto, tendo sido alvo de restrições cada vez maiores, pois possuem associados alguns impactos indiretos, como desvalorização daquele local.

Visando amenizar tal relação podem ser implantadas medidas biológicas apoiadas no uso de espécies inicialmente pioneiras, reduzindo a interferência da indústria nas áreas residenciais, pressão constatada a médio prazo, onde um enriquecimento florístico e um refinamento paisagístico poderão ser efetivados (SANTOS e VALCARCEL, 1996).

Segundo Woodruff et al. (1963), para cumprir sua principal função, a cortina vegetada pode ser constituída por uma estrutura unilinear, desde que retenha os ramos inferiores e seja uniformemente permeável ocupando menor área e exercendo as funções de uma cortina multilinear.

No cinturão vegetal o uso de espécies diferente determina características paisagísticas que deverão ser trabalhadas através de técnicas que quantifiquem e qualifiquem o estrato arbóreo.

Macedo (1977) afirma que, em um estudo cênico, a estrutura e o porte da árvore são as características que devem ser consideradas na adaptação do vegetal ao espaço cênico, como mostra a figura 16, onde observamos um tipo de cortina vegetal que forma um bloqueio visual e físico. Segundo Valcarcel e Santos(1996), os critérios de seleção de espécies florestais devem atender principalmente as seguintes características:

Crescimento rápido, capaz de enfrentar a concorrência com gramíneas e outras herbáceas;

Sistema radicular desenvolvido, de modo a formar um emaranhado de raízes, melhorando as condições físicas e aumentando a estabilidade do substrato; produção de matéria orgânica;

- Fixação de nitrogênio atmosférico por meio do uso de leguminosas;
- Rusticidade e resistência a pragas e doenças e mesmo à pequenas queimadas;
- Diferenciação estrutural das copas, de modo a obstruir visualmente o talude;
- Diferenciação nas taxas de crescimento;
- Características plásticas, onde se considera variáveis como estrutura, textura, transparência e mobilidade que são elementos que ajudam no entendimento do cinturão verde e definem melhor o espaço cênico.

Lima (1976) verificou que as árvores latifoliadas decíduas (caducifólias) são mais resistentes que as coníferas. As coníferas em idade jovem são mais resistentes do que quando em idade mais avançada. Das latifoliadas perenifólias, as que apresentam folhas maiores parecem ser mais resistentes do que as espécies com folhas miúdas (BERNATZKY, 1978; DOCHINGER, 1971; HEPTING, 1971). Especialmente as caducifólias de rápido crescimento (como *Populus sp*, por exemplo), capazes de emitir rapidamente folhas novas após a injúria, são mais resistentes. Das coníferas, apenas o *Pinus nigra* e *Larix leptolepis* (que é uma conífera decídua) mostram alguma resistência (SCURFIELD, 1960).



Figura 16 - Espécies altas formando uma cortina vegetal. SANEPAR, Curitiba/Paraná.

EROSÃO E POLUIÇÃO HÍDRICA

A fase de pesquisa e lavra gera desconstrução do ambiente e a cobertura vegetal é um dos fatores determinantes no controle da erosão, pois é considerada uma defesa natural do solo (SALOMÃO e IWASA, 1995). Através da sua rede de raízes e efeitos hidrológicos, as plantas podem influenciar substancialmente de forma positiva a estabilidade de encostas e impedir a erosão (Figura 17), como comprovado por diversos autores, dentre eles Coelho (2005), tabela 3. A cobertura vegetal protege o terreno contra o impacto direto das gotas de chuva, dispersa e quebra a energia contida nas águas que escoam superficialmente. As raízes deixam o solo mais poroso, aumentando a infiltração, e aumentam a capacidade do solo de reter a água por efeito da produção e incorporação da matéria orgânica (LOMBARDI, 1985 *apud* SALOMÃO e IWASA, 1995).

As plantas funcionam também como estruturas de retenção e detenção, reduzindo o escoamento, que é essencial devido à interceptação de chuvas.

Portanto reduzindo a taxa e o volume de escoamento de água das chuvas, danos de inundação, custos de tratamento de água e problemas de qualidade da água (COOK, 1989).



Figura 17 – Erosão em talude de cava para extração de minério. Fonte: GALAS, 2006.

Tabela 3- Redução da erosão em função do recobrimento do solo com cobertura vegetal.

Tipo de recobrimento	Redução (%)
Sem recobrimento	0,00
Semeio de espécies herbáceas	
Centeio (perene)	95,00
Centeio (anual)	90,00
Capim sudão	95,00
Pastagem nativa de ciclo anual (máximo)	97,00
Semeio de espécies herbáceas permanentes	99,00

COELHO, 2005

O REFORÇO DO SOLO PELAS RAÍZES

Cada espécie vegetal possui um determinado tipo de raiz, que de acordo com suas características, confere ao solo maior ou menor resistência ao cisalhamento.

Destacam-se dois tipos básicos de raízes: pivotantes e fasciculadas. As pivotantes possuem uma raiz principal, geralmente maior que as demais, que penetra verticalmente no solo. Da raiz principal derivam-se, lateralmente, outras raízes. Já as raízes fasciculadas são constituídas de um conjunto de raízes finas originadas de um único ponto, como mostra a figura 18 (BARROS e PAULINO, 2006).

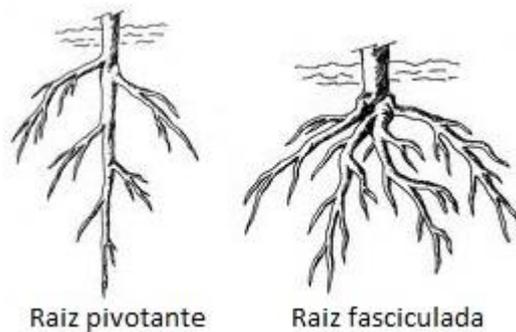


Figura 18: Tipos de raízes pivotante e fasciculada.

Algumas raízes pivotantes atuam como “tirantes vivos”, promovendo o ancoramento de grandes massas de solo. Isto pode ser verificado com mais frequência em solos residuais, onde há diferenças significativas da resistência ao cisalhamento ao longo da profundidade. Ocorre uma transferência de tensões de cisalhamento do solo para as raízes, proporcionando redução na erodibilidade do solo e um aumento na estabilidade do talude ou encosta (COELHO,2005).

GALAS, 2006, definiu que este efeito é chamado reforçamento radicular, e varia em função de alguns fatores:

- Capacidade de resistência à tração das raízes;
- Propriedades de interface entre as raízes e o solo;
- Arquitetura radicular, ou seja, concentração, características de ramificação e distribuição das raízes no solo;
- Quantidade de solo explorado pelas raízes;
- Declividade e espessura do talude;
- Características geotécnicas do solo.

Estes fatores regulam o reforço radicular; no entanto, outros fatores também devem ser considerados.

Existem diversos tipos de vegetação que podem ser empregados, arbustos podem ser tão ou mais eficientes do que árvores, assim como herbáceas, raízes fasciculadas apresentam alta resistência à tração, pois ocupam profundidades maiores, raízes pivotantes ocupam maior superfície e essas devem ter diferentes formas para oferecer maior eficiência, como mostrado nas Figuras 19 e 20. Tudo deve ser levado em consideração, não esquecendo o clima, a época do ano e o local onde será feito o plantio (COELHO, 2005).

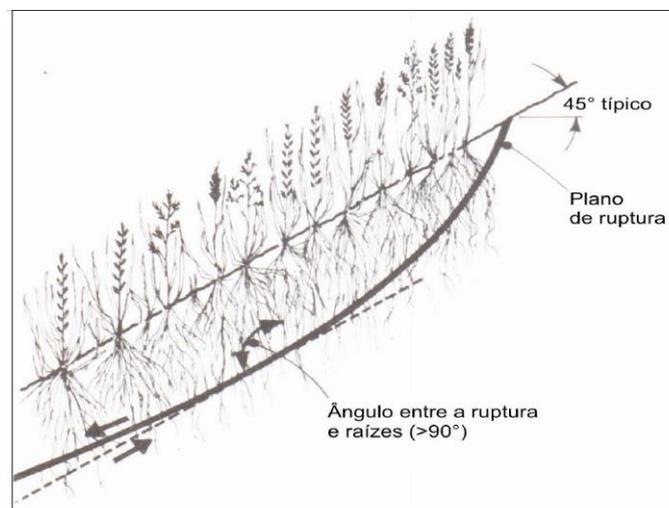


Figura 19: Pouca variedade de espécies provoca maior risco de ruptura devido à homogeneidade do sistema radicular (DEFLOR, 2006).

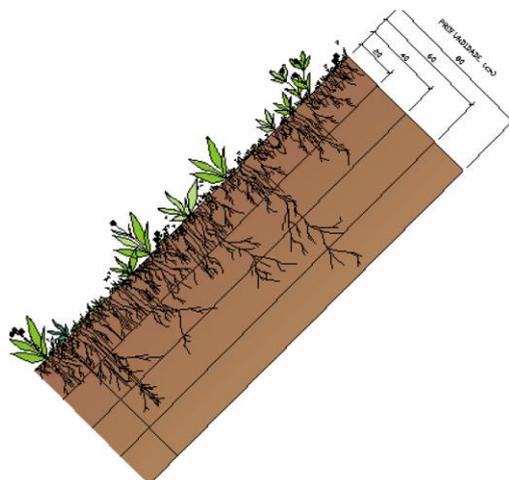


Figura 20: A heterogeneidade de espécies, profundidades e tipos de raízes aumenta a eficiência conservacionista, reduzindo a ação dos processos erosivos (DEFLOR, 2006).

Outros efeitos causados pelo sistema radicular da vegetação são aumento da infiltração e conseqüente redução do escoamento superficial e o aumento da coesão entre as partículas. Em solos arenosos, onde essa coesão é baixa, a vegetação pode aumentar significativamente a resistência a deslizamentos superficiais ou às movimentações por cisalhamento. Uma pequena variação na coesão radicular pode influenciar substancialmente o coeficiente de segurança dos taludes (COELHO, 2005).

As raízes agregam partículas e aumentam a resistência do solo, reduzindo o transporte de sedimentos. Os caules aumentam a rugosidade, reduzindo a energia potencial da água (PEREIRA, 2005).

POEIRA

A cortina arbórea, desde que executada de forma correta, pode oferecer proteção evitando a passagem do vento e conseqüentemente da poeira presente na pedreira.

Conforme citado por LIMA (1998), a poeira que é trazida pelo vento fica retida pela floresta com resultado da diminuição na velocidade do vento e da redução na capacidade de transporte de partículas. Em plantações densas, a deposição dos particulados ocorre rapidamente após o choque com a vegetação, mas a concentração de particulados no ar torna a aumentar após a ultrapassagem da plantação.

Já em plantações mais ralas e dispostas espaçadamente ao longo da direção do vento, a concentração de particulados diminui uniforme e gradativamente com a distância (BERNATZKY, 1978), como demonstrado na figura 21 e 22. Estas informações são úteis para o planejamento de cortinas de proteção aumentando a eficiência das mesmas. Portanto, a estrutura deve consistir em pelo menos duas fileiras de plantas, de preferência espécies pioneiras rústicas, ou secundárias iniciais, de vários tamanhos, direcionando o vento e permitindo que ele passe, evitando o aumento da temperatura e retenção da umidade, porém retendo a poeira, mais pesada.

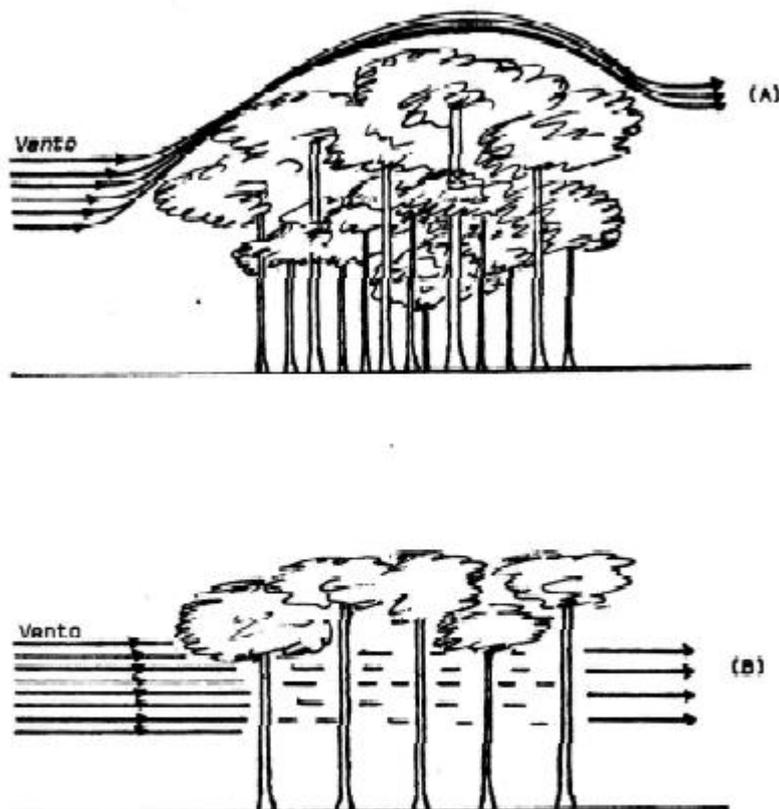


Figura 21: Efeitos de drenagem de poeira em plantações (a) densas: pequeno efeito de filtragem, (b) ralas: o vento atravessa por dentro; melhor efeito de filtragem. LIMA,1998.

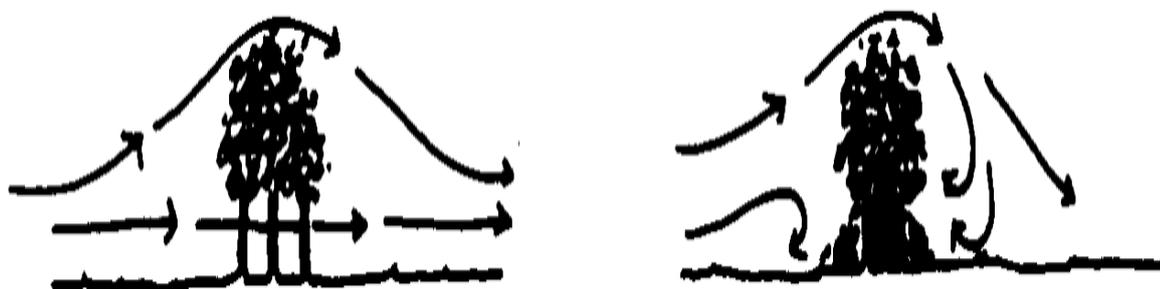


Figura 22: Movimentação do vento em plantações densas e ralas. Onde a primeira é moderadamente densa, permeável, e a segunda é densa, sólida e pouco permeável. (WEBER, 1986).

A figura 23 mostra um exemplo de estrutura e espaçamento de uma cortina vegetal. As espécies escolhidas devem ser adaptadas ao local, seguindo a seguinte disposição: (A) deverá ser a mais alta, com rápido crescimento, (B) mais baixa, e (C) e (D) são auxiliares, plantadas mais baixas, mais fechadas, podendo ser árvores, arbustos ou gramíneas. A boa seleção da vegetação pode, além de beneficiar funcionalmente o empreendimento, gerando proteção, pode render produtos secundários como cabos para as ferramentas e postes. Sendo assim, algumas características evolutivas dessa vegetação representam bons recursos contra a poluição.

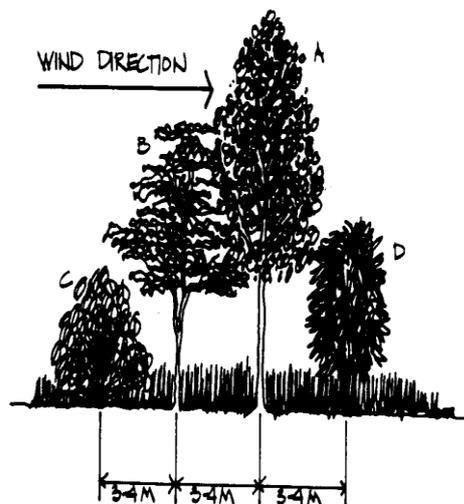


Figura 23 – Estrutura e espaçamento da cortina vegetal para o direcionamento do vento (WEBER,1986)

Além disso, elas devem ter características morfológicas adaptadas para esta função para que as folhas das árvores possam absorver gases poluentes e prender as partículas sobre sua superfície. O ideal é que as folhas sejam pilosas, rugosas ou cerosas. Folhagem média ou grande, que sejam permanentes ou que o período de caducifolia seja alternado com as outras espécies, para seu efeito ocorra durante todo o ano.

O efeito da filtragem consiste de duas etapas que se somam: primeiro, a filtragem ativa, pela qual os sedimentos são depositados e adsorvidos às superfícies foliares; segundo, a floresta evita a removimentação pelo vento dos particulados já depositados (BERNATZKY,1978).

Alguns autores, entre eles *Dochinger (1972)* e *Podzorov (1967)* identificam que as coníferas são mais eficientes na filtragem de particulados do que as latifoliadas.

Wedding (1976), em ensaios conduzidos com folhas destacadas e em túneis de vento, nos Estados Unidos, conclui que: a deposição de aerossóis em folhas rugosas e pubescentes foi sete vezes maior que em folhas lisas e cerosas e que a lavagem destas partículas depositadas nas folhas pela água da chuva é eficiente.

RUÍDO E VIBRAÇÃO

Quando bem projetadas, plantações de árvores e arbustos podem reduzir significativamente o ruído, agindo como abafadores de som.

A vegetação interfere sobre o som por absorção, refração e reflexão das ondas sonoras em sua superfície, reduzindo os níveis de ruído. A eficiência da absorção depende do nível do ruído, da frequência do som, da topografia do local, das características das espécies vegetais, da forma e do arranjo das plantas, da superfície foliar, da posição da vegetação e da estação do ano (SANTOS & TEIXEIRA, 2001).

Estudos mostram que barreiras densas de vegetais reduzem em grande parte os níveis sonoros, pois atenuam o ruído em função da diferença de trajeto das ondas sonoras, dependendo do tipo de vegetação que as constitui. As árvores de folhas perenes são capazes de atenuar o som em uma frequência de 1.000Hz, 17 dB, para cada 100 m lineares de vegetação (HIGUERAS, 1997 citado por POUHEY et al., 2003; SANTOS & TEIXEIRA, 2001).

Segundo a Comissão de Estudos e Coordenação da Infra Estrutura Aeronáutica, 1984, na implantação do cinturão verde para o controle de ruído, alguns fatores devem ser observados, para que sua eficácia na atenuação seja alcançada:

I) A vegetação deve ser densa o suficiente para impedir a propagação do som através dos espaços entre as árvores, independente da largura do cinturão verde.

II) Deve haver um sub-bosque denso, para que o ruído não se propague por baixo das copas do primeiro estrato.

III) No lado do cinturão verde voltado para a fonte sonora, deve ser plantada uma vegetação com altura decrescente na direção da fonte (Figura 24); isto terá o efeito de direcionar parte do ruído para cima, preservando ainda mais a comunidade.

IV) Com o objetivo de tornar o efeito constante, é melhor que a vegetação seja perenifólia (não apresente desfolhamento durante o ano); quanto mais frio for o clima ou mais estreito o cinturão, maior será a necessidade de árvores que não desfolhem.

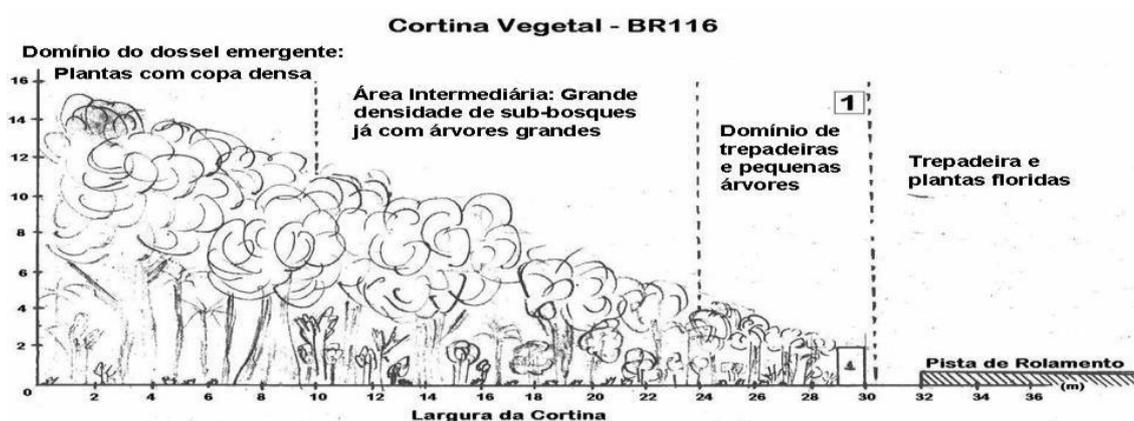


Figura 24 - Cortina vegetal, que serve como barreira auditiva, visual e como sequestradora de gases poluentes. Schacht, G.L; e Oliveira, A. V., 2009.

Além dos impactos diretos descritos, outros indiretos são drasticamente amenizados, entre eles os mais significativos são redução da temperatura no microclima, sombreamento, criando melhorias não só para os humanos, mas também para a fauna.

TEMPERATURA

Nos centros urbanos, as áreas arborizadas reduzem a amplitude térmica, absorvem a radiação ultravioleta, atenuam o processo de aquecimento, reduzem as “ilhas de calor” e contribuem para o equilíbrio do balanço da energia das cidades (PAULA, 2004; PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2005; SILVA FILHO et al., 2002).

Heisler (1974 citado por BORTOLETO, 2004), comentando sobre a capacidade das árvores de interceptar a radiação solar, afirma que aquelas que possuem copa rala podem interceptar até 80% da radiação direta, enquanto as de copa densa, até 98%, comprovando a importância da vegetação na prevenção da insolação prolongada e do desconforto térmico.

A influência das árvores sobre a temperatura também se dá pelo efeito da evapotranspiração, pois o ambiente é refrescado pela quantidade de água transpirada pelas folhas (SILVA FILHO, 2002). Uma árvore isolada pode transpirar aproximadamente 380 L de água por dia, que é o equivalente ao funcionamento de cinco condicionadores de ar médios (2.500 kcal/h) funcionando 20 h por dia (

MILANO, 2000). Complementando, o efeito de maciços de árvores no equilíbrio térmico é muito mais eficaz do que o de árvores isoladas e a vegetação também contribui para conservar a umidade dos solos, atenuando sua temperatura (LOMBARDO, 1990).

Silva Filho et al. (2005) comparam as árvores a bombas de água auto-reguláveis (figura 25) e comentam que, existindo disponibilidade de água e calor, as folhas abrem seus estômatos e transpiram partículas de água, condicionando o clima urbano dentro da faixa de conforto térmico humano, próxima de 25°C.

Um bosque de 1 ha pode produzir cerca de 5.000 t de água por ano advindas da evapotranspiração e as diferenças entre as temperaturas medidas no centro de uma cidade e em bairros próximos a uma faixa de vegetação com largura entre 50 m e 100 m podem apresentar variação de 3,5°C (IZARD; GUYOT, 1983 apud PAULA, 2004).



Figura 25- Efeito da árvore na atenuação da temperatura. WEBER, 1983.

MEDIDAS BIOLÓGICAS

Ambientes industriais, como o de pedreiras, apresentam situações complexas e de difícil controle (figura 26). Como exemplos para esse cenário podem ser citadas algumas situações comumente encontradas:

- Ambientes no entorno com solos rasos;
- Predomínio de pastagens, ambientes secos e pouco resilientes;
- Morros convexos no entorno, onde serão instaladas as cavas.

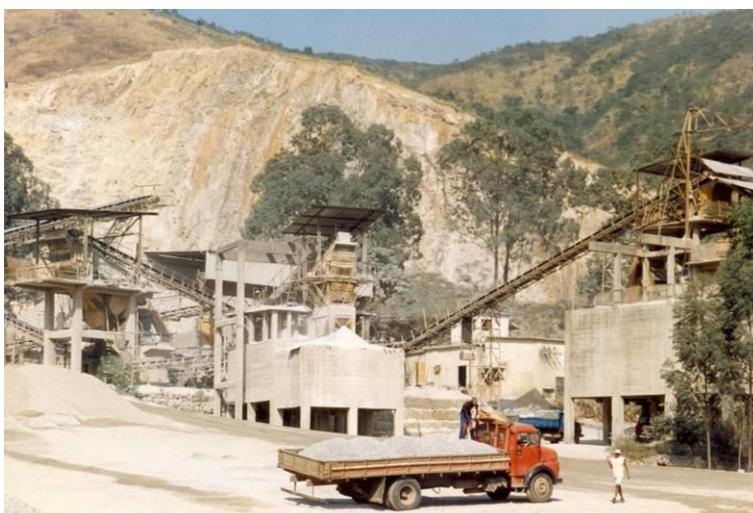


Figura 26 – Cenário em desequilíbrio, comumente encontrado em pedreiras no ambiente urbano.

Dessa forma, o desafio é buscar alternativas para harmonizar a relação entre o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade, produzindo com baixo impacto.

A utilização de medidas biológicas é um exemplo dessa engenharia moderna, mais consciente e multidisciplinar, que visa complementar os recursos tradicionais e ações complementares.

Segundo Valcarcel, 2002, medida biológica é a combinação de espécies com funções ecológicas, arranjo de estrutura e arquitetura específicos. Neste trabalho serão abordados principalmente o uso de dois tipos de medidas biológicas, as cortinas vegetais e a cobertura vegetal.

As cortinas vegetais utilizam basicamente árvores de crescimento rápido para que logo atuem como mitigadoras dos impactos do empreendimento, sistema radicular desenvolvido, rusticidade e resistência, pois serão implantadas em condições adversas, diversidade de espécies e espécies preferencialmente perenes, para que sua atuação ocorra durante todo o ano.

A cobertura vegetal também deverá atender a certos requisitos, entre eles: utilização de espécies herbáceas e pequenos arbustos, em terrenos com inclinação o peso de árvores maiores poderia causar o efeito contrário ao desejado, reforçamento radicular e diversidade de espécies, dando estabilidade ao terreno.

Com objetivo didático serão analisadas algumas formas de utilização de cortinas vegetais.

MEDIDA BIOLÓGICA 1 – OBSTRUÇÃO VISUAL

As unidades de britagem (britadores, rebritadores, peneiras, entre outros...) são as principais fontes de emissão de particulados (figura 27), sendo assim, a utilização de cortinas vegetais é uma alternativa eficiente para amenizar a dispersão e reter esse material particulado.

Tais cortinas devem enclausurar os sistemas de britagem, como mostra a figura 29, e para isso devem possuir alguns requisitos, são eles:

- A) Altura suficiente para envolver a fonte de emissão;
- B) Densidade da vegetação para obstrução visual;
- C) Suportar poeira;
- D) Perenifolia ou semi-caducifolia;
- E) Rusticidade capaz de sobreviver sobre bica corrida (pedra moída e compactada).

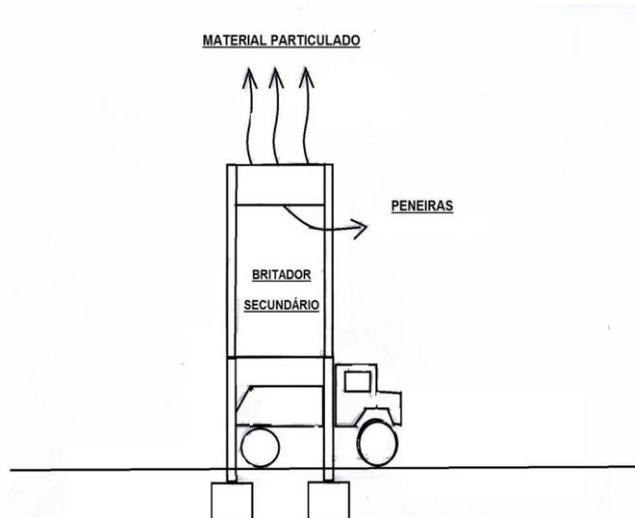


Figura 27 – Exemplo de fonte emissora de material particulado em uma pedreira.

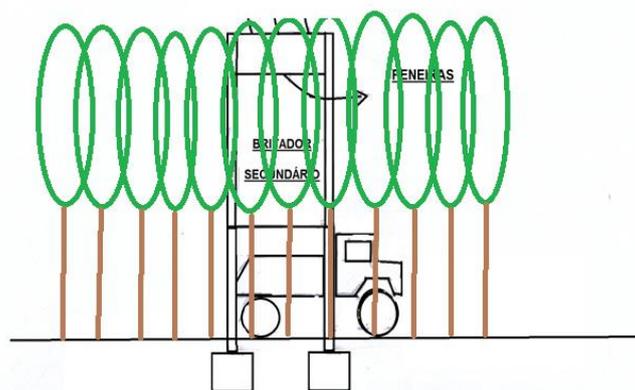


Figura 28- Esquema da medida biológica 1, confinamento da fonte de emissão de particulados.

MEDIDA BIOLÓGICA 2 – BARREIRA DE VENTO

A medida biológica 1 tratou da amenização visual e de forma secundária do controle de emissão de material particulado, porém a ação do vento neste local causa grande dispersão deste material, aplicando-se a medida biológica 2 para complementar o efeito de mitigação.

A barreira de vento visa evitar a dispersão da poeira desviando o vento que chega no local, para isso, deve ser construída antes da fonte de emissão e deve utilizar a topografia e o relevo, combinados com o plantio em setores, como apresentado na figura 30. Além disso, outros requisitos devem ser atendidos para o objetivo desejado:

A) Adaptação as condições locais;

B) Funções específicas dos setores 1,2,3,4;

1- Porte baixo, adensamento alto, alta obstrução de ventos;

2- 30% espécies do setor 1 + 70% espécies altas com sobreposição de copas de porte baixo e médio (15m);

3- Espécies de porte médio a alto (15-25m);

4- Espécies altas, 20-30m.

C) Suportar poeira;

D) Perenifolia ou semi-caducifolia;

E) Rusticidade.

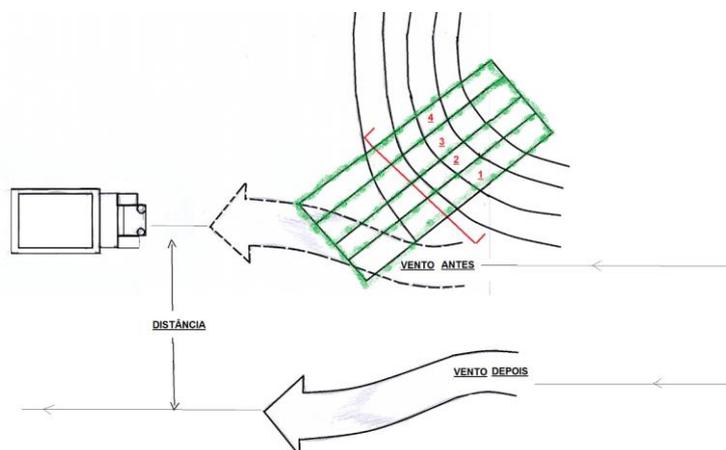


Figura 29 – Esquema apresentando medida biológica 2, distanciamento dos ventos da fonte de emissão de particulados.

MEDIDA BIOLÓGICA 3 – **RETENÇÃO E DIRECIONAMENTO**

Em cima da fonte foi utilizada a medida biológica 1, o enclausuramento da unidade de britagem, fonte de poeira e impacto visual; a montante aplica-se a medida biológica 2, desviando o vento e por consequência a dispersão do material particulado; a jusante pode ser implantada a medida biológica 3, figura 30, para retenção e direcionamento do vento.

Tal medida visa o condicionamento da saída dos ventos por um local específico, reduzindo a turbulência, e fazendo com que o vento passe por cima do sistema, por que gera certo grau de obstrução. Os requisitos para esta cortina vegetal são:

A) Adaptação as condições locais;

B) Árvores altas;

C) Suportar poeira;

D) Perenifolia ou semi-caducifolia;

E) Rusticidade capaz de sobreviver sobre bica corrida (pedra moída e compactada).

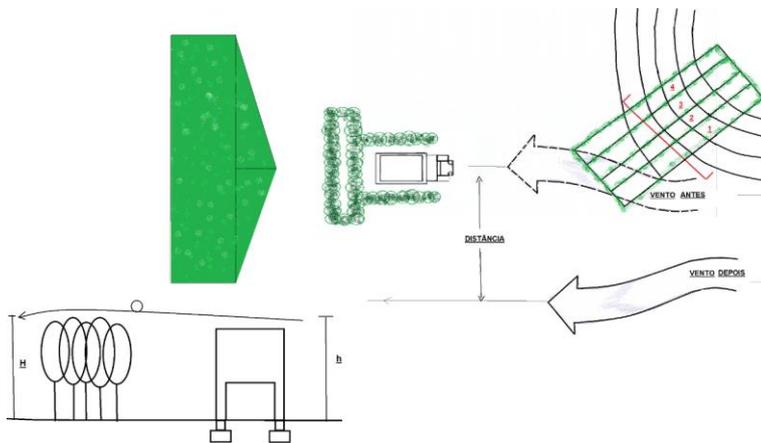


Figura 30-Esquema apresentando medida biológica 3, retenção e direcionamento dos ventos.

MEDIDA BIOLÓGICA 4 – **FILTRO VERDE**

Após a aplicação das demais medidas podem ser identificadas áreas com mais vocação para implementação de um filtro verde, como última instância, visando evitar que qualquer fração fugitiva de sedimentos vá para a bacia aérea. Tais áreas devem ser preferencialmente em locais côncavos para concentrar os ventos e atender a outros requisitos(figura 31) a seguir:

- A) Adaptação as condições locais;
- B) Região concava;
- C) Suportar poeira;
- D) Perenifólia ou semi-caducifólia;
- E) Rusticidade;
- F) Plantio menos adensado para retenção de poeira;
- G) Gradual com espécies mais baixas, terminando com espécies altas;
- H) Preferencialmente espécies com folhas médias ou grandes, rugosas, pilosas ou cerosas.

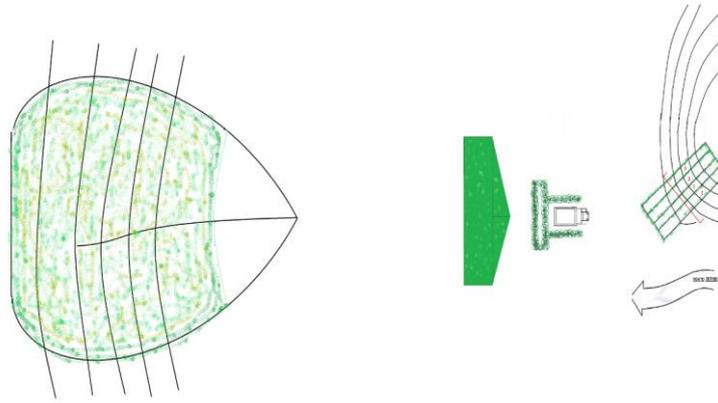


Figura 31 – Esquema apresentando medida biológica 4, filtro verde, para controle de sedimentos fugitivos.

CONCLUSÃO

As medidas biológicas como apresentadas neste estudo podem ser aperfeiçoadas de modo a melhorar os aspectos de mitigação dos impactos ambientais.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, C; PAULINO, W. R. **Angispermas, a raiz**. Disponível em: www.portalbrasil.net/educação_seresvivos. Acesso em: 22 fevereiro 2013

BERNATZKY, A – **Tree ecology and preservation**. New York, Elsevier Scientific, 1978.357p.

BORTOLETO, S. **Inventário quali-quantitativo da arborização viária da Estância de Águas de São Pedro/SP**. 2004. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BRASIL. **Constituição Federal**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm> Acesso em: 25 de março de 2013

BRASIL. Decreto-Lei n227/67 – **Código de Mineração**. Brasília, 1967. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/700/784/00000756.pdf>. Acesso em:13 de março de 2013.

CHIOSSI, N., CASADEI, D.S., MAGLIO, I.C., FREIRE, J.A.M., FONTES, POLETO, C., FRISCHENBRUDER, M.M., BASSOLI, M. **A degradação ambiental provocada pela exploração mineral na Região Metropolitana de São Paulo, Brasil: diagnóstico, propostas e medidas para seu controle e prevenção**, 1982.

CHEPIL, W.S., and N.P. Woodruff. 1963. **The physics of wind erosion and its control**. Adv.Agron. 15:211-302.

COELHO, A. T. **Efeitos da vegetação na estabilidade do solo e de taludes**. In: XIII CURSO SOBRE EROÇÃO E CONTROLE DE SEDIMENTOS, 2005, Belo Horizonte.

DEFLOR. **Catálogo de produtos e serviços**. Publicação editada pelo departamento técnico, 2006.

DOCHINGER, L.S. – **The symptoms of air pollution injuries to broadleaved forest trees**. IUFRO CONGRESS, 15, Gainesville, 1971.

GALETI, P. A. **Conservação do solo: reflorestamento e clima**. 2 ed. Campinas: instituto campineiro de Ensino Agrícola, 1979.230p.

HEPTING, G.H. – **Air pollution and trees**. In: MATHEUS, W.H. et alii – Man’s impact on terrestrial and oceanic ecosystems. Cambridge, The Mit Press, 1971. p.116-29.

HENNIES, W. T. ; STELLIN J. A. ; LAUAND, C. T. ; CORTÉS, G. R. **Pedras e Pedreiras: Fundamentos**. Brasil Mineral (São Paulo), São Paulo, SP, v. 238, p. 64-70, 2005.

Informe Mineral. Brasília: DNPM,2012. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/portal/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=965>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese dos Indicadores de 2012. Rio de Janeiro: IBGE; 2012.

IRAMINA, W. S. et al . **Identificação e controle de riscos ocupacionais em pedreira da região metropolitana de São Paulo**. Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 62, n. 4, Dec. 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672009000400014&lng=en&nrm=iso>. access on 10 Mar. 2013.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672009000400014>. VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

LIMA, H. M.; FLORES, José Cruz Do Carmo; COSTA, F. L. **Plano de Recuperação de Áreas Degradadas Versus Plano de Fechamento de Mina: Um Estudo Comparativo**. Revista da Escola de Minas, Ouro Preto, v. 59, p. 397-402, out/dez. 2006.

LIMA, W. de P. – **Interceptação da chuva em povoamentos de eucaliptos e de pinheiros**. IPEF, Piracicaba (13): 75-90, 1976.

MANFREDINI, C. ; SATTLER, M. A. ; GRIGOLETTI, G. ; POUHEY, M. T. F. ; MAIA, M. A. L. ; FREITAS, R. . **Arborização, energia e poluição atmosférica e visual em Nova Hartz: diretrizes e recomendações para planejamento urbano**. In: Seminário Internacional NUTAU, 2002, São Paulo. Anais do NUTAU 2002, 2002. p. 1082-1093.

MACHADO, I. F. 1989. **Recursos minerais, política e sociedade**. São Paulo: Edgard Brücher.

MECHI, A. **Análise Comparativa da Gestão Ambiental de cinco Pedreiras: Proposta de um Sistema de Gestão Ambiental**. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 1999.

MIRANDA, J.F. **Modelo de Gestão Ambiental em Pequenas e Médias Empresas de Mineração, Usando os Métodos de Gestão da Qualidade Total**. 1996. 131p. Dissertação (Mestrado) – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

OLIVEIRA, E. **Impacto ambiental na exploração de pedreiras: Contribuição para uma prática sustentável**. Faculdade de Ciências do Porto, 2006.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: Deflor, 2005. 84pg.

PIQUET, B. **Aproveitamento econômico de areia a partir da produção de brita**, UFRRJ, 2008.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. **Arborização urbana**. Boletim acadêmico UNESP/FCAV/FUNEP Jaboticabal, SP – 2002. MILANO, M.S.; DALCIN, E.C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro. Light Serviço de Eletricidade S.A., 2000. 206 p.

SILVA, E. **Técnicas de avaliação de impactos ambientais**. Viçosa, MG: CPT, 1994. 64 p. Neto, Sérgio Eustáquio. **Avaliação minero-geoambiental da mina de Gongo Soco para fins de descomissionamento: [manuscrito] propostas / Sérgio Eustáquio Neto - 2008**.

SALOMÃO, F. X. T; IWASA, O. Y. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE E IPT, 1995. 247p.

SANTOS, M.C. & VALCARCEL, R (1997b) **Efeitos de tratamentos silviculturais na formação do cinturão verde em áreas de empréstimo**. In: Simp. Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, II. SOBRADE, Ouro Preto, MG 580p. p511-513.

SECURFIELD, G. – **Air pollution and tree growth**. Apud: Forestry abstracts, Oxford, 21(3): 339-47; 517-27, 1960.

SILVA, J.A.P., **A mineração de Brita na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Universidade Federal de Ouro Preto, 2005

SCHACHT, G.L; e Oliveira, A. V., 2009. **A utilização da cortina vegetal como medida mitigadora em impacto ambiental na construção de praças de pedágio: caso da rodovia régis bittencourt**. II Encontro Estadual de Geografia e Ensino e XX Semana de Geografia Maringá, 2011.

SIEBERT, Claudia A. F.. **A evolução urbana de Blumenau-SC: o (des)controle urbanístico e a exclusão sócio-espacial**. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Orientador: Margareth de Castro Afeche Pimenta.

TONIDANDEL, R. de P.. **Aspectos legais e Ambientais do fechamento de mina no Estado de Minas Gerais** [manuscrito]. 2011

WEBER, F. e M.W. Hoskins. 1983. **Soil Conservation** Folhas Técnicas (Fichas Técnicas de Conservação do Solo) . Moscou, Universidade de Idaho: de Idaho para USDA (OICD), 112 pgs.

www.craftengenharia.com.br (fotos). Acesso em 15 de março de 2013.