MINERAÇÃO & MUNICÍPIO

Bases para planejamento e gestão dos recursos minerais

IPT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

MINERAÇÃO & MUNICÍPIO

Bases para planejamento e gestão dos recursos minerais

Coordenadores

Luiz Carlos Tanno

Ayrton Sintoni

São Paulo

2003

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

© 2003, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 - Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
05508-901 - São Paulo-SP ou Caixa Postal 0141 CEP 01064-970 - São Paulo-SP
Telefone: (11) 3767-4000 - Telefax: (11) 3767-4099
www.ipt.br - ipt@ipt.br

Impresso no Brasil.

Divisão de Geologia
Diretor: Omar Yazbek Bitar

Apoio Técnico
Isabel Cristina Carvalho
Luiz Antonio Ribeiro
Lúcia S.S. Baladore

Colaboradores
Affonso Virgillio Novello Neto
Hary Wiesel

Conselho Editorial
Maria Luiza Otero D'Almeida (*Presidente*)
Flávio Farah
João Francisco Peral Cespedes
Marcelo Martins Seckler
Rosemary Aparecida Bana Nascimento Dib Cano

Revisão editorial
Vilma Tavares Teves Varalta

Ilustração da capa
Luiz A. Ribeiro

Produção gráfica
Páginas & Letras Editora e Gráfica Ltda.
Tels. (11) 6618-2461 - 6694-3449

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Mineração & município : bases para planejamento e gestão dos recursos minerais / coordenadores Luiz Carlos Tanno, Ayrton Sintoni. — São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. — (Publicação IPT ; 2850)

ISBN 85-09-00125-1
Vários autores.
Bibliografia.

1. Minas e recursos minerais - Brasil 2. Municípios - Governo e administração - Brasil I. Tanno, Luiz Carlos. II. Sintoni, Ayrton. III. Série.

03-1650 CDD-354.390981

Índices para catálogo sistemático:

1. Brasil : Municípios e recursos minerais : Administração pública 354.390981
2. Brasil : Recursos minerais e municípios : Administração pública 354.390981

Publicação IPT 2850
Tiragem: 2.000 exemplares

Governo do Estado de São Paulo

Governador
Geraldo Alckmin

Secretaria da Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento Econômico e Turismo

Secretário
João Carlos de Souza Meirelles

Secretário Adjunto
Oswaldo Massambani

Chefe de Gabinete
Fernando Dias Menezes de Almeida

Departamento de Ciência e Tecnologia - DCET

Diretor
Agamenon S.L. Dantas

Equipe Técnica
Francisco Giorgio Zamith
Margareth A. O. Lopes Leal
Osamu Maeyama

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT

Presidente
Alberto Pereira de Castro

Vice-Presidente
Francisco Romeu Landi

Diretoria Executiva

Diretor-Superintendente
Guilherme Ary Plonski

Diretor de Planejamento e Gestão
Marcos Alberto Castelhano Bruno

Diretor Técnico
Francisco Emílio Baccaro Nigro

Diretor Administrativo-Financeiro
Milton de Abreu Campanario

Coordenadores
Luiz Carlos Tanno
Ayrton Sintoni

Autores

PARTE I

Capítulo 1 - Importância dos Recursos Minerais
Ayrton Sintoni
Luiz Carlos Tanno
Marsis Cabral Junior
Edson Del Monte

Capítulo 2 - Recursos Minerais: Conceitos e Panorama de Produção e Consumo
Luiz Carlos Tanno
Marsis Cabral Junior
Ayrton Sintoni
José Francisco M. Motta

Capítulo 3 - O Papel dos Agentes Públicos e Legislação
Oswaldo Riuma Obata
Ayrton Sintoni

Capítulo 4 - Diretrizes para Gestão Municipal
Marsis Cabral Junior
Oswaldo Riuma Obata
Ayrton Sintoni

PARTE II

Capítulo 5 - Métodos de Mineração
Amilton dos Santos Almeida

Capítulo 6 - Impactos Ambientais e Medidas de Controle
Tânia de Oliveira Braga

Capítulo 7 - Recuperação de Áreas Degradadas
Omar Yazbek Bitar
Maria Marta T. Vasconcelos

Apresentação

Os recursos minerais são bens da União, propriedade distinta do domínio do solo que os contêm e categorizados como recursos naturais não renováveis.

Com tais características, torna-se evidente que o seu aproveitamento deva ser conduzido de forma racional e socialmente responsável, mitigando-se, sempre, os impactos ambientais decorrentes da sua extração, beneficiamento, utilização e encerramento das atividades.

O arcabouço legal que rege as atividades de mineração reserva à União os poderes de outorga de direitos e sua fiscalização e aos Estados, na maioria dos casos, os poderes de licenciamento ambiental das atividades e sua fiscalização, enquanto que aos municípios deixa poucas oportunidades de ingerência na gestão dos recursos minerais.

No entanto, são os municípios os entes federados principalmente afetados pela atividade mineradora, seja pela convivência no dia a dia com os trabalhos de mineração e seus eventuais conflitos, seja pela herança de espaços mal recuperados na fase de fechamento das minas.

Nos últimos anos, o IPT, em particular a Divisão de Geologia, desenvolveu, no âmbito do Programa de Apoio Tecnológico aos Municípios - Patem da Secretaria da Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento Econômico e Turismo - SCTDET diversos trabalhos para prefeituras do Estado de São Paulo envolvendo a atividade de mineração. Estes trabalhos enfocaram aspectos diversos, relacionados à busca de recursos minerais, dimensionamento de depósitos, caracterização de matérias-primas, consultoria quanto a aspectos das legislações mineral, ambiental e tributária, formulação de projetos mineiros, estudos de zoneamento minerário e compatibilização da atividade de mineração com outras formas de uso e ocupação do solo, além de projetos para recuperação de áreas degradadas.

A partir da experiência acumulada pelo atendimento às crescentes solicitações das prefeituras paulistas, foi detectada a oportunidade da elaboração, com suporte do Departamento de Ciência e Tecnologia - DCET

da SCTDET, de um documento de referência para gestão da atividade minerária por parte do poder executivo municipal.

A presente publicação pretende, assim, reunir as informações básicas referentes ao aproveitamento de recursos minerais, direcionando-as preferencialmente às administrações públicas municipais, com o objetivo de contribuir na otimização do exercício de suas competências e atribuições na gestão deste importante setor da economia, de forma a integrá-lo adequadamente no processo de desenvolvimento socioeconômico do município e região.

A indústria mineral é abordada em seus aspectos técnicos, tecnológicos, legais e ambientais de forma genérica, utilizando-se, quando pertinentes e relevantes, referências diretas às situações encontradas no Estado de São Paulo.

A publicação está subdividida em duas partes:

I - Bases para o Planejamento e Gestão Municipal da Mineração e

II - Métodos de Mineração e Recuperação Ambiental.

Os temas tratados estão distribuídos em sete capítulos e anexos, incluindo-se também conjunto de leis e relação de órgãos de controle e instituições de apoio técnico e científico.

Na Parte I (Capítulos 1 a 4), os conceitos básicos sobre os recursos minerais e mineração são introduzidos no Capítulo 1, caracterizando-se a importância das substâncias minerais no desenvolvimento e na qualidade de vida da sociedade, os reflexos da atividade de mineração no meio ambiente e os desafios do poder público na sua gestão, no sentido de assegurar o suprimento qualificado e racional de bens minerais, controlando a qualidade ambiental dos processos produtivos, e em harmonia com as demais vocações socioeconômicas do município.

No Capítulo 2, é apresentado um panorama do setor mineral no Brasil e no Estado de São Paulo, acompanhado de uma caracterização dos principais bens minerais produzidos no território paulista: materiais para construção civil, argila para cerâmica vermelha, rochas calcárias, água mineral e material de empréstimo, com destaque para as suas especificações de uso.

No Capítulo 3, são definidas as competências legais dos poderes públicos quanto à gestão dos recursos minerais, explicitando as competências privativas, complementares, suplementares e comuns. São apresentados também neste Capítulo os principais aspectos da legislação incidente sobre as atividades de mineração.

O Capítulo 4, que completa a primeira parte da publicação, caracteriza a importância e as formas da inserção da mineração nos principais instrumentos de planejamento municipal - Plano Diretor e Lei de Uso e Ocupação do Solo, e apresenta termos de referência para programas e projetos de gestão setorial.

A Parte II é dedicada à exposição de alguns tópicos especializados inerentes à atividade de mineração, os quais, embora revestidos de detalhes técnicos, encontram-se redigidos em linguagem de fácil entendimento público.

O Capítulo 5 trata dos principais métodos de mineração que compõem o ciclo básico de produção mineral, com enfoque para as lavras por desmonte hidráulico, dragagem, escavação mecânica e desmonte de maciços rochosos, com aplicação de explosivos, técnicas mais comuns nas minerações paulistas.

Os Capítulos 6 e 7 conceituam e classificam os principais impactos ocasionados pela extração mineral e abordam as suas medidas mitigadoras e de controle, além de métodos e técnicas para recuperação de áreas degradadas.

A expectativa é que esta publicação, sem a pretensão de ser estudo definitivo, atinja um público abrangente, que, de alguma forma, atua no setor, tais como técnicos e planejadores do poder público municipal, pesquisadores, profissionais e empresários da mineração, auxiliando-os em suas ações políticas, estudos e projetos, no sentido de promover o aprimoramento do aproveitamento racional dos recursos minerais.

Luiz Carlos Tanno
Ayrton Sintoni
Coordenadores

Sumário

Apresentação VII

PARTE I

BASES PARA PLANEJAMENTO E GESTÃO MUNICIPAL DA MINERAÇÃO

CAPÍTULO 1 - IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS MINERAIS 3

1.1 Mineração, Desenvolvimento e Qualidade de Vida 3

1.2 Desafios para Gestão Pública 7

CAPÍTULO 2 - RECURSOS MINERAIS: CONCEITOS E PANORAMA DE PRODUÇÃO E CONSUMO 9

2.1 Definição e Caracterização de Recursos Minerais 9

2.1.1 Usos e Aplicações 9

2.2 Mineração no Brasil e no Estado de São Paulo 14

CAPÍTULO 3 - O PAPEL DOS AGENTES PÚBLICOS E LEGISLAÇÃO 21

3.1 Competências Constitucionais 21

3.1.1 Pela Constituição Federal 21

3.1.2 Pela Constituição do Estado de São Paulo 22

3.2 Legislação 24

3.2.1 Legislação Minerária 24

3.2.1.1 Regime de Autorização 25

3.2.1.2 Regime de Concessão 26

3.2.1.3 Regime de Licenciamento 27

3.2.1.4 Registro de Extração 28

3.2.1.5 Regime de Permissão de Lavra Garimpeira 29

3.2.1.6 Regime de Monopolização 30

3.2.1.7 Legislação Especial - Águas Minerais 30

3.2.2 Legislação Ambiental 32

3.2.3 Compensações Financeiras 33

3.2.3.1 Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM 35

3.2.3.2 Compensação Financeira pela Exploração de Petróleo, Xisto Betuminoso e Gás Natural 35
3.2.3.3 Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Hídricos para Geração de Energia Elétrica 36
3.2.4 Legislações Diversas 36

CAPÍTULO 4 - DIRETRIZES PARA GESTÃO MUNICIPAL 37

4.1 Necessidade de uma Política Municipal 37

4.2 Bases Técnicas E Legais 39
4.2.1 Atribuições Legais 40
4.2.2 Instrumentos Legais 40
4.2.3 Inserção da Mineração no Plano Diretor Municipal e na Lei de Uso e Ocupação do Solo 41
4.2.4 Termos de Referência para Programas e Projetos de Mineração 44
4.2.4.1 Inventários e Mapeamentos 44
4.2.4.2 Diagnóstico Técnico-econômico do Setor Mineral 54
4.2.4.3 Estabelecimento de Zoneamento Minerário 56
4.2.5 Plano Diretor Municipal de Mineração 56

PARTE II

MÉTODOS DE MINERAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

CAPÍTULO 5 - MÉTODOS DE MINERAÇÃO 61

5.1 Aspectos Fundamentais: Planejamento e Controle Operacional em Mineração 61

5.2 Principais Métodos de Mineração 62

5.3 Operações Unitárias Características 64

5.4 Métodos de Lavra pela Ação da Água 66
5.4.1 Desmonte Hidráulico 66
5.4.2 Dragagem Hidráulica em Leitos Submersos 68

5.5 Lavras por Escavação Mecânica 71

5.6 Lavras com Perfuração e Desmonte de Rocha por Explosivos 75
5.6.1 Perfuração da Rocha 77
5.6.2 Desmonte da Rocha 77

5.7 Métodos de Lavra em Modalidades Específicas de Minerações 81
5.7.1 Minerações de Rochas Ornamentais 81
5.7.2 Aproveitamento das Águas Minerais e Potáveis de Mesa 84
5.7.3 Minerações de Turfa 85

CAPÍTULO 6 - IMPACTOS AMBIENTAIS E MEDIDAS DE CONTROLE 87

6.1 Considerações Iniciais 87

6.2 Processos/Fatores do Meio Ambiente e suas Alterações 87

6.2.1 Processos do Meio Físico Passíveis de Alteração 87

6.2.2 Processos do Meio Biótico Passíveis de Alteração 97

6.2.3 Processos do Meio Antrópico Passíveis de Alteração 97

6.3 Medidas de Controle Ambiental 98

6.3.1 Medidas Necessárias para o Controle de Impactos Decorrentes de Alterações no Meio Físico 98

6.3.2 Medidas Necessárias para o Controle Ambiental de Alterações e Fatores do Meio Biótico 107

6.3.3 Medidas Necessárias para o Controle Ambiental de Alterações em Fatores do Meio Antrópico 108

CAPÍTULO 7 - REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS 111

7.1 Obrigatoriedade e Responsabilidade 111

7.2 Reabilitação como Pressuposto 112

7.2.1 Degradação 112

7.2.2 Recuperação e Reabilitação 113

7.3 Prad: Instrumento Básico 114

7.4 Minas Ativas e Abandonadas 114

7.5 Atividades de Recuperação 115

7.5.1 Avaliação de Áreas Degradadas 115

7.5.2 Planejamento da Recuperação 117

7.5.3 Métodos e Técnicas de Recuperação 118

7.5.3.1 Medidas Geotécnicas 118

7.5.3.2 Remediação 128

7.5.3.3 Revegetação 132

7.5.4 Monitoramento e Manutenção da Recuperação 142

7.6 Usos Pós-Mineração 143

BIBLIOGRAFIA 147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS 155

ANEXOS

A - Normas Técnicas da ABNT 159

B - Procedimentos para Habilitação ao Regime de Licenciamento 161

C - Relação de Dispositivos Legais Selecionados 165

D - Órgãos de Controle e Normalização 169

E - Instituições e Órgãos de Apoio 171

F - Glossário 173

PARTE I

Bases para Planejamento e Gestão Municipal da Mineração

CAPÍTULO 1

Importância dos Recursos Minerais

A utilização de bens minerais pelo homem é tão antiga quanto sua história. O registro da atividade humana busca suas referências iniciais na dependência do homem em relação aos recursos minerais. Assim, as fases de evolução da humanidade são divididas em função dos tipos de minerais utilizados: idades da pedra, do bronze e do ferro.

As pedras lascadas foram os primeiros utensílios usados pelos ancestrais humanos como principal ferramenta para se lidar com o meio ambiente. Com a evolução social do homem, do nomadismo aos assentamentos urbanos atuais, cresceu a necessidade de desenvolvimento de atividades extrativas básicas para a produção de seus utensílios, ferramentas, instrumentos e armas (de barro, pedra ou de ligas metálicas), para a construção de suas moradias (de adobe, alvenaria, concreto ou de metais estruturais) e para a implantação de seus serviços (aquedutos, arruamentos, meios de transporte, geração e transmissão de energia, saneamento e comunicação).

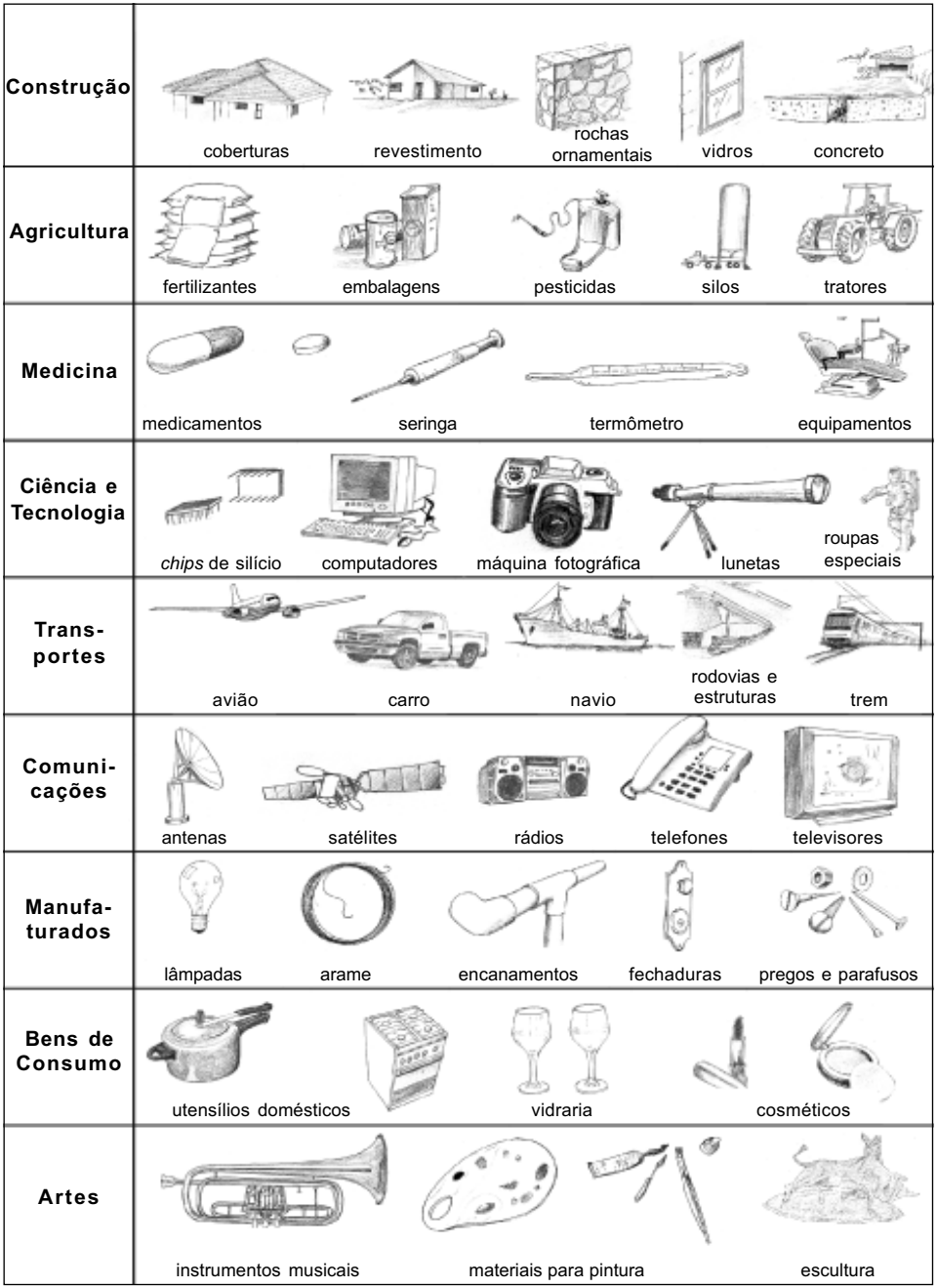
De forma análoga, evoluindo do extrativismo vegetal para a agricultura intensiva com o objetivo de obter mais alimentos, o homem teve necessidade de lavrar outras substâncias minerais para recondicionar os solos, restituindo-lhes a fertilidade e até mesmo para aumentar a produtividade.

Essa dependência do homem com relação às substâncias minerais adquire, na atualidade, uma relevante importância, na medida em que os minerais fornecem os principais elementos para a sustentação básica e comodidades da vida humana, a tal ponto que o consumo de minério por habitante é considerado como um dos índices de avaliação do nível de desenvolvimento dos países.

1.1 MINERAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DE VIDA

A mineração provê a humanidade de um elevado número de matérias-primas e insumos, imprescindíveis à manutenção da vida, ao conforto e ao progresso da civilização. Embora, na maioria das vezes, escape do conhecimento da sociedade moderna, é muito fácil demonstrar a forte dependência com relação à produção de recursos minerais (Figura 1).

O conceito de "riqueza" ainda está embutido em alguns metais e gemas, mas a grande maioria dos minérios tem relevante importância social. A simples areia



Fonte: National Energy Foundation (1995). *Ilustração:* Luiz A. Ribeiro.

Figura 1 - Empregos comuns dos bens minerais na sociedade moderna

para construção ou as argilas, que suprem as olarias produtoras de tijolos e telhas, têm baixo valor econômico, porém elevada significação social.

Os conceitos de "conforto", "qualidade de vida" e "ambiente equilibrado" são culturalmente subjetivos, pois diferem segundo padrões de consumo ditados pelas camadas sociais. Integradas em um processo de desenvolvimento socioeconômico, essas idéias são basicamente representadas pela satisfação mínima dos seguintes itens: alimentação, saúde, moradia, educação, transporte e emprego.

Para a obtenção de alimentos, diversas substâncias minerais são utilizadas como fertilizantes (fosfatados, nitrogenados, potássicos, misturas e micronutrientes) ou como condicionadores de solo (dolomitos, calcários, turfa e vermiculita) e outras ainda na composição de rações animais (calcário, caulim, fosfato, etc.) ou na preparação de suplementos alimentares. Vários minerais são também empregados na preparação, conservação e armazenamento de alimentos (sal, bentonita, diatomita, talco, etc.), ressaltando-se ainda a importância da substância mineral água.

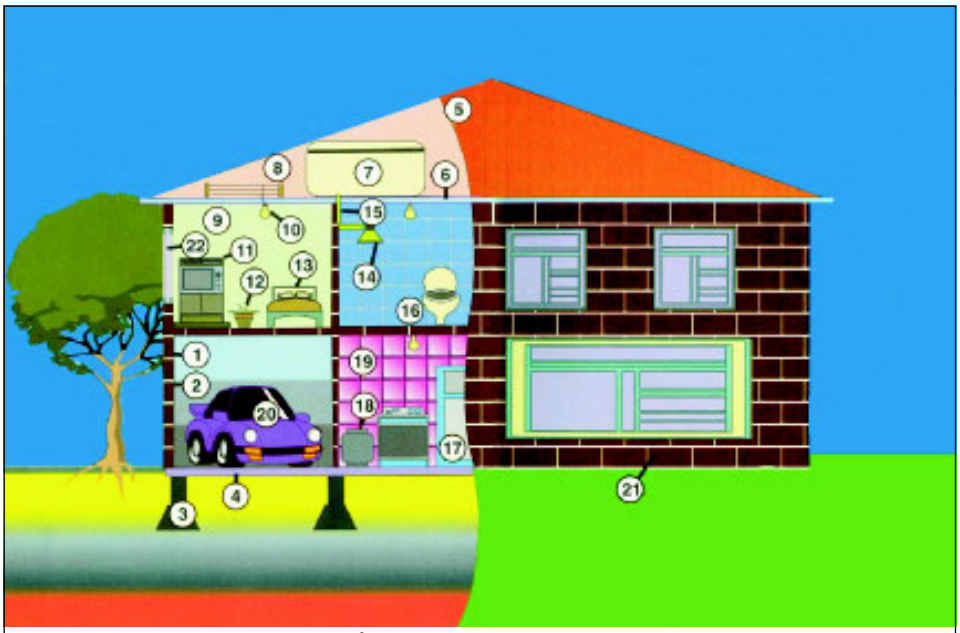
Com relação à saúde, tão importantes quanto os minerais empregados por seus princípios medicamentosos, ou cargas sem princípio ativo, são aqueles utilizados na execução e operação de obras que promovem as condições sanitárias, como os sistemas de captação, tratamento e distribuição de água, sistemas de coleta e tratamento de esgotos, e obras gerais de saneamento e de atendimento hospitalar.

No sistema construtivo brasileiro, com exceção da madeira, todos os materiais empregados na construção de moradias são substâncias minerais utilizadas *in natura,* ou produtos elaborados a partir de minérios pelas indústrias de transformação (cimento, cerâmicas, vidros, tintas e outros). Sem que se dê conta, cerca de vinte e cinco bens minerais estão contidos em uma residência comum, ressaltando-se a importância dos elementos que compõem a estrutura da moradia: rochas britadas (brita), areia, argila, calcário (cimento e cal) e metais estruturais, como ilustra a Figura 2.

O consumo de agregados, medido em m^3/habitante/ano (consumo *per capita*), pode ser considerado como um indicador de qualidade de vida urbana, ao mostrar a evolução e o atendimento das necessidades da população no tocante a: moradia, saneamento básico, abastecimento de água, energia elétrica, pavimentação, construções escolares e hospitalares, enfim, toda uma gama de atividades abrangidas pela construção pesada e edificações (IPT, 1993).

No desenvolvimento de programas educacionais, são importantes os minerais utilizados na fabricação de artigos escolares, assim como as substâncias minerais empregadas na construção de edifícios e equipamentos.

Os sistemas de transporte são amplamente dependentes da produção mineral, seja pela diversidade de minerais utilizados na fabricação de veículos, seja pelo grande volume de substâncias minerais consumido na construção e manutenção de vias públicas, rodovias, ferrovias, hidrovias, portos e aeroportos, pátios e estações.



	ELEMENTO	SUBSTÂNCIA
1	Tijolo	Argila vermelha
2	Argamassa	Calcário (cimento), areia e brita
3	Fundações	Calcário (cimento), areia, brita e ferro (armação)
4	Contrapiso	Calcário (cimento), areia e brita
5	Telhado	Argila (telha), betume, calcário e areia (acabamento)
6	Calha	Zinco ou petróleo (PVC)
7	Caixa d'água	Amianto e cimento
8	Fiação	Cobre, alumínio e petróleo (capas e conduites de PVC)
9	Pintura	Petróleo (resinas), caulim, calcário, diatomito e óxido de titânio (pigmento)
10	Lâmpada	Tungstênio (filamento), alumínio (soquete), quartzo e feldspato (vidro)
11	Aparelhos eletrônicos	Quartzo, silício metálico e germânio (transistores)
12	Vaso	Argila vermelha
13	Cama	Ferro ou cobre (armação) e petróleo (espuma de PVC)
14	Chuveiro	Liga de cobre e zinco (caixa), argila, talco e agalmatolito (isolante)
15	Encanamento	Ferro, zinco, cobre e petróleo
16	Louça sanitária	Argila branca, caulim, filito e feldspato
17	Eletrodomésticos	Alumínio, cobre, fibras de vidro e petróleo
18	Botijão de gás	Ferro e manganês (aço), gás natural ou de petróleo (GLP)
19	Azulejos	Argila branca, caulim e feldspato
20	Automóvel	Ferro, alumínio, cromo e petróleo (combustível, plásticos)
21	Revestimento	Argila, caulim, feldspato e óxidos metálicos (pigmentos)
22	Janelas/Esquadrias	Ferro alumínio e liga de cobre e estanho (bronze)

Além dessas substâncias, o homem utiliza diversos bens minerais no seu dia-a-dia, por exemplo:
Alimentação - Sal, fosfato, potássio, calcário e nitrato;
Embalagens - Alumínio, ferro, estanho, caulim e talco;
Saúde e higiene - Água, caulim, talco, calcita e gipso;
Transportes - Ferro, manganês, petróleo, níquel e titânio; e
Energia - Petróleo, carvão e urânio.

Fonte: Sudelpa (1986), modificado.

Figura 2 - Bens minerais comuns em residências

Embora a atividade de mineração não gere muitos empregos diretos, comparativamente com outros segmentos, deve-se considerar sua importância como atividade básica desencadeadora e de suporte para as indústrias de transformação e para a construção civil, setores responsáveis por maior absorção de mão-de-obra e, em conseqüência das quais, são gerados novos empregos em comércio e serviços.

A implantação dos empreendimentos de mineração normalmente acarreta investimentos em infra-estrutura, transporte, energia e serviços, funcionando como pólo estratégico de desenvolvimento, gerando empregos, impostos e compensações financeiras para os municípios, sendo um fator importante de descentralização da economia.

1.2 DESAFIOS PARA GESTÃO PÚBLICA

Atuando na apropriação de recursos naturais, a mineração caracteriza-se como uma atividade predominantemente modificadora do meio ambiente, podendo provocar, em maior ou menor intensidade, uma série de impactos ambientais indesejáveis, tais como: desmatamento, mobilização da terra, erosão, assoreamento de corpos de água, alteração de aqüíferos subterrâneos, instabilização de taludes, encostas e terrenos, contaminação das águas e outros impactos específicos, que cumulativamente podem provocar impactos gerais sobre a flora, fauna e áreas de destinação definida (Áreas de Proteção Ambiental - APAs, Áreas de Proteção de Mananciais, vetores de expansão urbana).

A mineração pode provocar conflitos e disputas com outras atividades econômicas e sociais, especialmente em regiões urbanas. Neste último caso, os conflitos se avolumam à medida que a expansão urbana incorpora espaços vazios próximos às minas em atividade, para implantar novas áreas industriais, residenciais, comerciais, de lazer, reservas florestais e outras.

Por outro lado, levando em conta a necessidade dos recursos minerais para o desenvolvimento socioeconômico, a dificuldade no controle da disponibilidade de insumos minerais coloca em risco, no presente, a manutenção e, para o futuro, a melhoria da qualidade de vida das populações.

Fica estabelecido um binômio complexo e polêmico nas relações do desenvolvimento da mineração em face do desafio de sua própria sustentabilidade: assegurar o suprimento de matérias-primas minerais e garantir a qualidade das condições ambientais. A solução dessa equação passa necessariamente pela atuação do poder público no estabelecimento de políticas setoriais, através de programas e projetos que contemplem o planejamento, ordenamento e aprimoramento tecnológico da mineração (Bitar et al., 2000).

Ao Município cabe dispor de instrumentos legais que contemplem a coexistência da mineração com o desenvolvimento urbano, com a agricultura e com a conservação ambiental. Por isso, a mineração deve estar inserida nos programas

de desenvolvimento socioeconômico e planejamentos urbanos e regionais, assegurando, dessa forma, o suprimento contínuo, estável e harmônico dos bens minerais para a melhoria e qualidade de vida das populações.

Constitucionalmente, os recursos minerais são bens da União e somente podem ser lavrados com sua autorização ou concessão**.** O concessionário tem a garantia da propriedade do produto da lavra e a obrigação de recuperar o meio ambiente degradado. De acordo com a legislação minerária, expressa no Código de Mineração (DNPM, 1967) e Legislação Correlata, a extração de substâncias minerais sem a competente permissão, licença ou concessão constitui crime de usurpação e também crime ambiental, sujeitando o infrator a penas de reclusão, multa e confisco da produção e dos equipamentos.

A legislação dispõe, ainda, que o aproveitamento dos recursos minerais depende de licenciamento ambiental pelo órgão específico competente e que o titular de direitos minerários responda pelos danos causados ao meio ambiente, ficando as correspondentes atividades, na ocorrência destes danos, passíveis de suspensão temporária ou definitiva, de acordo com parecer do órgão ambiental.

CAPÍTULO 2

Recursos Minerais: Conceitos e Panorama de Produção e Consumo

2.1 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS

Define-se recurso mineral como uma concentração natural de materiais sólidos, líquidos ou gasosos, à superfície ou no interior da crosta terrestre, de tal forma que a extração econômica de uma substância útil seja potencialmente viável (Gomes, 1990). Assim, o termo pode ser aplicado a todos os minerais ou substâncias minerais com valor para o homem, no presente ou no futuro.

O termo minério, que originalmente se empregava apenas para indicar a "substância mineral da qual se podia extrair economicamente um ou mais metais", evoluiu conceitualmente para referir-se a "todas as substâncias minerais que saem de uma mina e que tenham valor econômico" (Sintoni, 1993).

2.1.1 Usos e Aplicações

Dentre as substâncias minerais mais comuns produzidas e relacionadas com o consumo doméstico das cidades brasileiras, são apresentados, com destaque para as suas características de uso e especificações, os materiais para construção civil (agregados e rochas para cantaria), argila para cerâmica vermelha, rochas calcárias, material de empréstimo e água mineral e potável de mesa. Trata-se de minerais cuja produção está intimamente relacionada ao desenvolvimento dos centros urbanos, traduzindo-se na movimentação de grandes volumes de substâncias, em elevados valores de produção, bem como no considerável peso contributivo na arrecadação de impostos para o Estado, e conseqüentemente para os municípios, sobretudo no caso paulista.

- ***Materiais para construção civil***

Excluídos os combustíveis fósseis, os materiais de construção são as substâncias minerais mais utilizadas (em volume e valor) em todo o mundo. Esses materiais, de uso *in natura* na construção civil, compreendem uma série de bens minerais, que se caracterizam pelo seu baixo valor unitário e pela remoção e transporte de grandes volumes a granel, o que condiciona seu aproveitamento econômico nas proximidades dos centros consumidores. Incluem os agregados – areias, cascalhos e rochas para brita – e rochas para cantaria.

A) Agregados

Os agregados são materiais granulares, de forma e volume diversos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil. Quanto à origem, são denominados naturais aqueles lavrados diretamente na forma de fragmentos, como areia e pedregulho, e artificiais, os que são submetidos a processos de fragmentação, como pedra e areia britadas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993a) define agregado como material natural, de propriedades adequadas ou obtido por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm, como ilustra o Quadro 1.

Quadro 1 - Terminologia utilizada pela NBR 7225

Nomenclatura	Definição
Agregado graúdo	Pedra britada, brita ou pedregulho muito grosso, grosso e médio, de dimensões nominais compreendidas entre 100 e 4,8 mm.
Agregado miúdo	Pedregulho fino, pedrisco grosso, médio e fino, areia grossa, média e fina, de dimensões nominais compreendidas entre 4,8 e 0,075 mm.
Pedra britada	Material proveniente de britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 4,8 mm.
Pedrisco	Material proveniente de britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 4,8 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm.
Areia	Material natural, de propriedades adequadas, de dimensão nominal máxima inferior a 2,0 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm.
Pó de pedra	Material proveniente de britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 0,075 mm.

Fonte: ABNT (1993a).

1) Areia

A areia para construção civil pode ser definida como uma substância mineral inconsolidada, constituída por grãos predominantemente quartzosos, angulosos ou arredondados, que se enquadram numa faixa de tamanho compreendida entre 2,0 e 0,07 mm. Além do quartzo, outros minerais também podem estar presentes, como feldspato, micas e óxidos de ferro.

Os tipos de areia mais comuns encontrados no mercado, de acordo com a granulometria, são os seguintes:

- areia grossa (2,0 - 1,2 mm)
- areia média (1,2 - 0,42 mm)
- areia fina (0,42 - 0,074 mm)

Comercialmente, as areias para construção civil recebem designações segundo o grau de beneficiamento a que são submetidas:

- areia bruta (não beneficiada)
- areia lavada (lavagem simples para limpeza de partículas finas e substâncias indesejáveis)
- areia graduada (areia que obedece a uma classificação granulométrica previamente estabelecida)

Na construção civil, a areia é empregada como agregado para concreto, argamassas, blocos de cimento e também para a pavimentação de estradas. A sua granulação tem papel importante na economia do consumo de cimento, na preparação de argamassas ou de concreto. Existem normas da ABNT para especificar as areias de acordo com seus usos (ver Anexo A).

2) Cascalho

O cascalho constitui um agregado mineral graúdo, natural, empregado normalmente em lastros de estradas vicinais. Pode ser de dois tipos distintos: material arenoso, com granulometria superior a 2,0 mm (areia grossa) e inferior a 256 mm, geralmente obtido como um subproduto da extração de areias; e material rochoso desagregado, resultante da alteração e fragmentação natural de rochas cristalinas (granito, gnaisse, basaltos, etc.).

3) Brita

Brita é um termo utilizado para denominar fragmentos de rochas duras, originários de processo de beneficiamento (britagem e peneiramento) de blocos maiores, resultantes do desmonte por explosivos de maciços rochosos (granito, gnaisse, basalto e calcário, etc.).

As especificações da brita variam segundo o setor de sua aplicação da indústria de construção civil, que pode ser: concreto, pavimentação, obras civis (ferrovias, túneis, barragens), obras de infra-estrutura (saneamento básico), dentre outras. As propriedades principais são aquelas que definem as características físicas (dureza, resistência a várias solicitações, densidade, porosidade, etc.), químicas (reatividade), e mineralógicas (tipo de rocha-fonte, minerais constituintes, etc.). Existem normas da ABNT para especificar as britas de acordo com suas aplicações (ver Anexo A). O Quadro 2 mostra a classificação e os usos principais das britas.

B) Rochas para Cantaria

As rochas para cantaria, também conhecidas como “pedras de talhe”, são rochas dimensionadas utilizadas, com pouca ou nenhuma elaboração, na construção

Quadro 2 - Classificação e uso das britas

Brita	Tamanho (mm)		Uso geral
	mínimo	máximo	
1	4,8	12,5	Estruturas de concreto armado
2	12,5	25,0	
3	25,0	50,0	
4	50,0	76,0	Pavimentação, macadames hidráulicos, gabiões
5	76,0	100,0	Lastro para estrutura de concreto armado, preenchimento de gabiões, concreto ciclópico
Pedrisco	0,07	4,8	Concreto asfáltico, artefatos de concreto, blocos e guias
Pó de pedra	-	-	

Fonte: IPT (1993).

civil, tais como paralelepípedos, paralelos, folhetas, lajes, mourões e guias. As principais fontes para cantaria são as rochas cristalinas (granito, basalto e diabásio) e subsidiariamente rochas sedimentares (arenito).

• *Argilas para cerâmica vermelha*

As argilas utilizadas para cerâmica vermelha abrangem uma grande variedade de sedimentos pelíticos, consolidados e inconsolidados, tais como argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos e folhelhos, que queimam com cores geralmente avermelhadas e que são empregadas na fabricação de tijolos, blocos cerâmicos, telhas, tubos cerâmicos e revestimentos. Na ordem citada, se exige melhor qualidade da matéria-prima argilosa e a temperatura de queima varia entre 800 e 1.150ºC. Algumas dessas argilas possuem outras aplicações industriais, como na fabricação de agregados leves, pozolanas e cimento. A argila para cerâmica vermelha geralmente caracteriza-se como um produto de baixo valor unitário, sendo consumido nas imediações dos jazimentos.

A produção mais rudimentar trata do fabrico de tijolos maciços, utensílios domésticos e peças de adorno, que podem ser conformados manualmente ou por processos semimecanizados. Nesse segmento, encontram-se as olarias, que produzem tijolos maciços comuns e tijolos à vista; pequenas cerâmicas artísticas e utilitárias, que produzem vasos, talhas e peças ornamentais; além de artesãos, que moldam variadas peças, como imagens de santos e figuras folclóricas. Esses produtos apresentam baixo valor unitário, mas podem encontrar nichos de mercado com melhor valorização, onde há bons apelos comerciais, dados os aspectos culturais e artesanais da cerâmica.

• *Rochas carbonáticas*

Compreendem uma grande variedade de rochas de origem sedimentar e metamórfica, compostas por mais de 50% de minerais carbonáticos (calcita ou dolomita). Os tipos mais comuns são os calcários, dolomitos e mármores.

Em face de suas propriedades químicas e físicas, essas rochas possuem vasta aplicação industrial, sendo utilizadas tanto na forma *in natura* quanto na beneficiada. Dentre os diversos usos, destacam-se: fabricação de cimento e cal, corretivo de acidez de solos, fluxante em siderurgia, indústria de vidros e refratários, cargas minerais para as indústrias de abrasivos, plásticos, papel, etc.

Nos usos industriais dos calcários, os fatores mais considerados são a porcentagem mínima de carbonatos totais (Ca e Mg) e a porcentagem máxima de carbonato de magnésio. Na fabricação de cimento, são utilizados calcários predominantemente calcíticos, ou seja, apresentam baixa razão MgO/CaO. Na agricultura, para corrigir a acidez dos solos, são usados calcários dolomíticos, que possuem uma razão MgO/CaO elevada.

• *Água mineral e potável de mesa*

A abrangência do universo constituído pelas águas minerais provoca, de forma rotineira, imprecisões quanto à sua denominação comercial, como acontece, por exemplo, com as águas potáveis de mesa, comercializadas como águas minerais.

De acordo com o Código de Águas Minerais (DNPM, 1945), são consideradas minerais as águas provenientes de fontes naturais ou de captação artificial, que possuam composição química ou propriedades físicas, ou ainda, físico-químicas, distintas das águas comuns; ou ainda, características específicas que lhes confiram uma ação medicamentosa. Quanto à composição química, as águas minerais podem ser classificadas em: alcalino-bicarbonatadas, alcalino-terrosas, sulfatadas, sulfurosas, nitradas, cloretadas, carbogasosas, radioativas, entre outras.

As águas potáveis de mesa representam aquelas de composição normal, provenientes de fontes naturais ou de captação artificial, destinadas à comercialização, e que preencham tão somente as condições de potabilidade.

O Código de Mineração distingue, quanto ao uso, as classes de águas minerais e águas subterrâneas, legislando apenas sobre a primeira.

Algumas captações de água subterrânea, dependendo da composição química, gases presentes e temperatura da água, passam a enquadrar-se como águas minerais, sendo consumidas comercialmente ou utilizadas em balneoterapia.

• *Material de empréstimo*

Corresponde a materiais terrosos obtidos em diferentes locais, muitas vezes situados a distâncias consideráveis, utilizados na construção de leito de estrada e em aterros e, eventualmente, como insumo nas obras de infra-estrutura e nas edificações. As áreas onde ocorre a extração desses materiais são conhecidas como caixas de empréstimo. Tais materiais podem ter composição diversa, variando desde solo areno-argiloso a cascalho e saibro (saprolito), incluindo, às vezes, rochas cristalinas desagregadas (basalto, quartzito e granito).

2.2 MINERAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SÃO PAULO

O Brasil, com a sua extensão territorial de 8,5 milhões de km^2 e sua diversidade de terrenos geológicos, é possuidor de uma expressiva dotação mineral que se traduz na produção de mais de 70 tipos de substâncias minerais – 21 minerais metálicos, 45 não-metálicos, 3 energéticos – e grande variedade de gemas.

Os dados oficiais indicam que a produção mineral brasileira atingiu, em 2000, o valor de R$ 33,9 bilhões, para qual os minerais industriais contribuíram com R$ 5,1 bilhões, isto é, com 15% do montante minerado. Já os energéticos participaram com R$ 21,3 bilhões (63%) e os metálicos com R$ 6,9 bilhões (20%). O restante da produção é relativo a R$ 423 milhões (1,2%) em água mineral e R$ 198 milhões (0,6%) em gemas e diamantes (DNPM, 2002b). A produção mineral brasileira de 1996 a 2000 evoluiu de maneira significativa, aumentando em valor 32%.

Cabe acrescentar que há no Brasil uma grande parcela de produção mineral informal, localizada, principalmente, nos setores de pedras preciosas, materiais de construção e ouro. Estima-se que a produção informal na mineração supere a R$ 6 bilhões/ano.

No cenário internacional, o Brasil apresenta-se como o maior produtor de nióbio do mundo, o segundo em produção de minério de ferro, o terceiro de alumínio, caulim, grafita natural e tantalita, o quarto de crisotila, magnesita e vermiculita, e o quinto de rochas ornamentais (DNPM, 2002b). A Figura 3 ilustra as principais substâncias minerais produzidas no Brasil (metálicas e não-metálicas) em 2001.

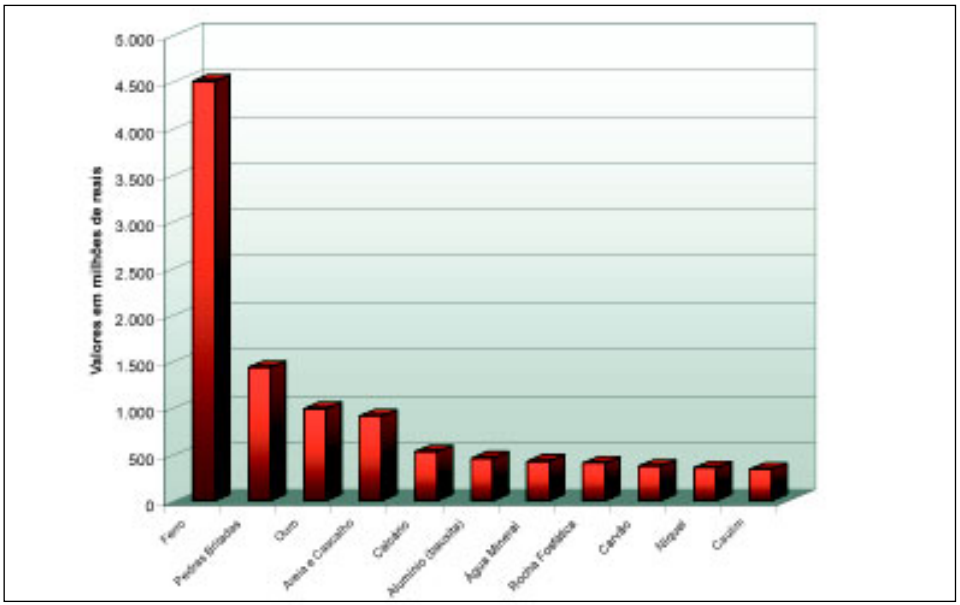


Figura 3 - Principais substâncias minerais produzidas no Brasil (metálicas e não-metálicas) em 2001

No mercado brasileiro, constata-se que a indústria mineral de não-metálicos expandiu-se substancialmente ao longo das últimas três décadas. Nesse período, a intensificação da ocupação urbana, o progressivo aumento de obras de infra-estrutura e o crescimento e diversificação do parque industrial brasileiro ensejaram a elevação da demanda desses insumos, que se equipara, em algumas regiões do Brasil, ao padrão de consumo dos países desenvolvidos.

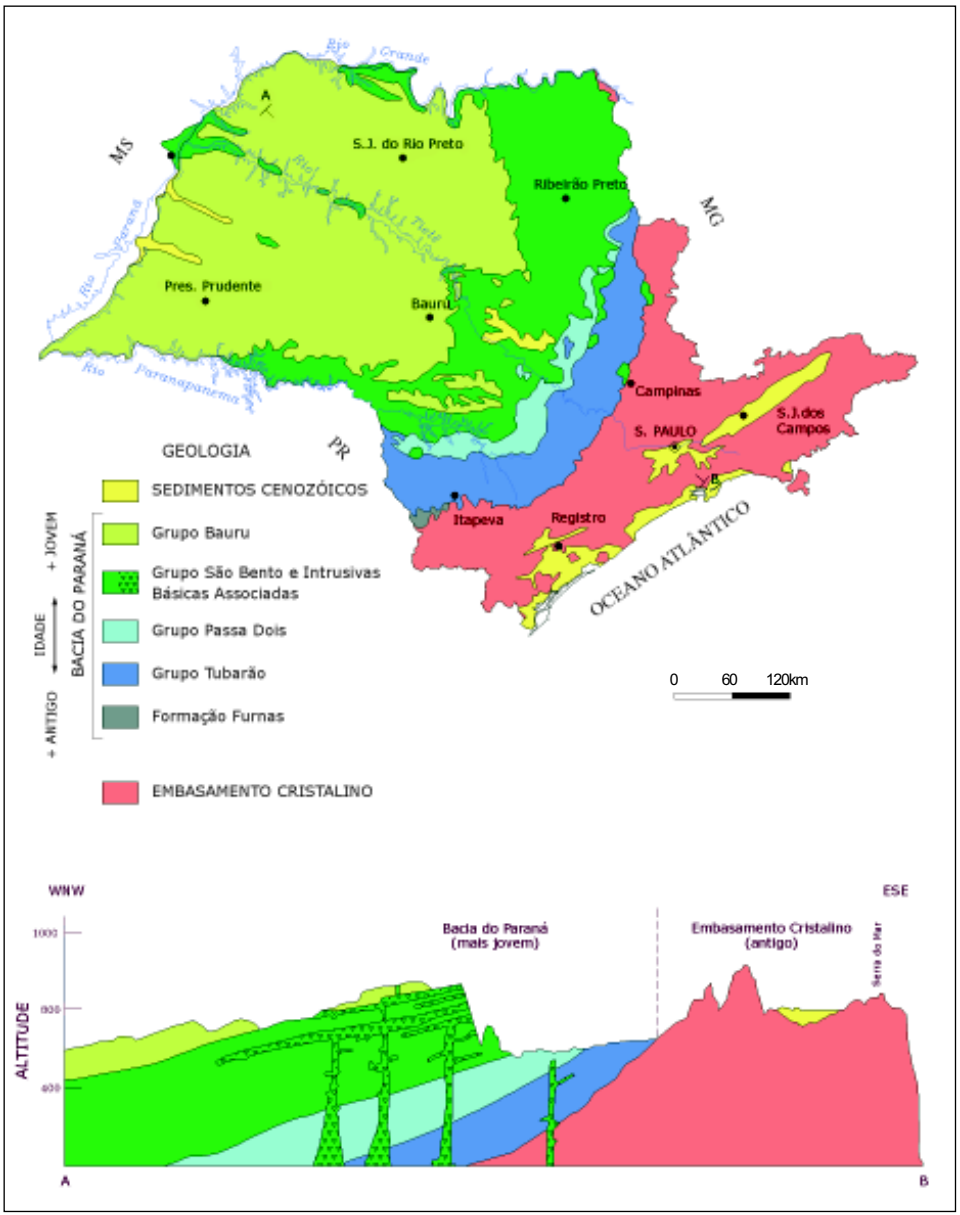
A dimensão do mercado consumidor doméstico e o desenvolvimento de importantes depósitos, alguns de classe internacional, colocam o Brasil como o maior produtor de minerais industriais da América Latina, com destaque especial para a expressiva produção dedicada ao consumo interno de agregados, argilas, rochas carbonáticas, rochas fosfáticas e água mineral.

Historicamente, os primeiros empreendimentos minerários do Brasil iniciaram-se no território paulista, no final do século XVI, com a descoberta de depósitos auríferos aluvionares no sopé do Morro do Jaraguá e do minério de ferro associado ao maciço alcalino de Ipanema em Araçoiaba da Serra. No entanto, a estreita faixa de rochas cristalinas (mais apropriada para ouro e outros metais) despertou pouco interesse para a mineração no Estado, ao contrário dos solos férteis, derivados dos derrames basálticos e sedimentos da Bacia do Paraná, que motivaram a ocupação agrícola.

A mineração distribui-se no território paulista controlada por um arcabouço geológico definido por dois grandes domínios geológicos, o Embasamento Cristalino e a Bacia Sedimentar do Paraná. O Embasamento Cristalino, de idade pré-cambriana (superior a 570 milhões de anos), ocupa o sul, a faixa litorânea e o leste do Estado, com pequena exposição no extremo nordeste. A Bacia Sedimentar do Paraná, de idade fanerozóica (inferior a 570 milhões de anos), constitui cerca de 70% da área do Estado. Sobrepondo esses dois domínios, ocorrem bacias sedimentares menores e mais jovens, bem como os sedimentos (areias e cascalhos) ao longo dos rios atuais. O contexto geológico regional pode ser visto na Figura 4.

Apesar de não haver documentos históricos sobre a evolução da utilização de recursos minerais em São Paulo, parece ser evidente que seu intenso crescimento econômico, em especial nas últimas quatro décadas, gerou uma demanda emergente de matérias-primas destinadas a suprir o desenvolvimento urbano e industrial do Estado.

Prosperaram, assim, empreendimentos minerários voltados predominantemente para o consumo interno, atuando no abastecimento da indústria de transformação (setores cerâmico, siderúrgico, cimenteiro, vidreiro, entre outros), de insumos para agricultura e, de forma vigorosa, da construção civil. Os volumes de minérios lavrados e a variedade de tais insumos (27 substâncias minerais) são bastante expressivos, com os dados oficiais (DNPM, 2001) registrando valores de produção da ordem de R$ 1,17 bilhão/ano (Quadro 3), o que corresponde a 3,5% do montante da produção mineral brasileira. Com base nestes números, São Paulo ocupa o sexto lugar dentre os estados produtores, apenas suplantados pelo Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pará,



Fonte: Ab'Saber (1956), modificado.

Figura 4 - Distribuição das principais unidades geológicas do Estado de São Paulo

Rio Grande do Norte e Bahia. Neste âmbito, os não-metálicos perfazem 93% da produção mineral paulista, o que corresponde a cifras anuais superiores a R$ 1,09 bilhão (DNPM, 2000). O restante, cerca de R$ 81 milhões, são relativos ao gás e petróleo provenientes da Bacia de Santos.

Quadro 3 - Principais substâncias minerais produzidas no Estado de São Paulo

Bem mineral	Quant. t x 10^3	Valor R$ x 10^6	Contexto geológico	Setor industrial de consumo
Pedras Britadas	28.343,4 *	334,5	Rochas ígneas e metamórficas: embasamento cristalino e rochas básicas e alcalinas	Construção civil
Areia e Cascalho	40.187,4 *	286,1	Sedimentos aluvionares e costeiros quaternários, formações arenosas das bacias do Paraná, Taubaté e São Paulo	Construção civil
Água Mineral	1.022,8 **	132,3	Aqüíferos e fontes em terrenos cristalinos e sedimentares	Bebidas
Argilas Comuns e Plásticas	11.385,9	108,8	Sedimentos aluvionares e formações da Bacia do Paraná	Cerâmica e cimento
Calcário	11.514,8	96,7	Unidades metamórficas e formações da Bacia do Paraná	Cimento, cal, corretivos agrícolas, siderurgia, vidro e cerâmica
Rocha Fosfática	4.566,5	48,1	Maciços alcalinos	Fertilizantes e ácido fosfórico
Areia Industrial	3.304,1	47,5	Formações da Bacia do Paraná, coberturas continentais e sedimentos praiais	Fundição, tintas e vernizes, vidro e cerâmica
Caulim	190,1	13,6	Mantos de alteração intempérica em granitos e pegmatitos	Cerâmica, papel e celulose, tintas e vernizes, produtos farmacêuticos e veterinários, fertilizantes, vidro e borracha
Dolomito	377,5	8,1	Unidades metamórficas (Grupo Açungui)	Corretivos agrícolas, tintas e vernizes, siderurgia e vidro
Filito	327,8	4,6	Unidades metamórficas (Grupos Açungui e São Roque)	Cerâmica, construção civil e defensivos agrícolas
Granito Ornamental	3,2 *	2,9	Maciços ígneos e metamórficos	Construção civil
Bentonita e Argila Descorante	32,1	2,3	Bacia de Taubaté	Fundição, descoramento/ recuperação de óleos
Bauxita Refratária	186,9	1,6	Mantos de alteração intempérica em rochas alcalinas e granitóides	Cerâmica e sulfato de alumínio
Turfa	34,3	1,3	Aluviões quaternários	Agricultura
Argilas Refratárias	95,0	1,2	Sedimentos aluvionares quaternários e mantos de alteração intempérica em rochas alcalinas	Cerâmica
Quartzito Industrial	37,4	0,7	Unidades metamórficas (Grupo São Roque)	Siderurgia, tintas e vernizes, abrasivos, sabões e velas, perfumes e cerâmica
Talco	38,0	0,4	Unidades metamórficas (Grupo Açungui)	Cerâmica, defensivos agrícolas, borracha e tintas e vernizes
Feldspato	9,0	0,2	Granitos e pegmatitos	Cerâmica, vidro e tintas e vernizes
Calcita	4,7	0,07	Unidades metamórficas carbonáticas (Grupo Açungui)	Tintas e vernizes, plásticos, tapetes e carpetes, vidro, borracha e cerâmica
Ardósia	2,7	0,01	Unidades metamórficas e varvitos da Bacia do Paraná	Construção civil e cerâmica
Pedras Naturais	0,01	0,002	–	Construção civil
Outros não-metálicos	7,6	0,1	–	–
Hidrocarbonetos	-	81,0	Bacia de Santos	Fins energéticos e petroquímica
Total	-	**1.170**	* Unidade expressa em 1.000 metros cúbicos. ** Unidade expressa em milhões de litros.	

Fontes: Cabral Junior; Almeida (1999); DNPM (2000), modificado.

Considerando a inconsistência e defasagem dos dados estatísticos oficiais e também a presença de uma parcela considerável de lavras não regulamentadas, admite-se que o volume efetivamente produzido no Estado supere em cerca de 1,5 a 2 vezes o valor oficialmente registrado (Cabral Junior; Almeida, 1999).

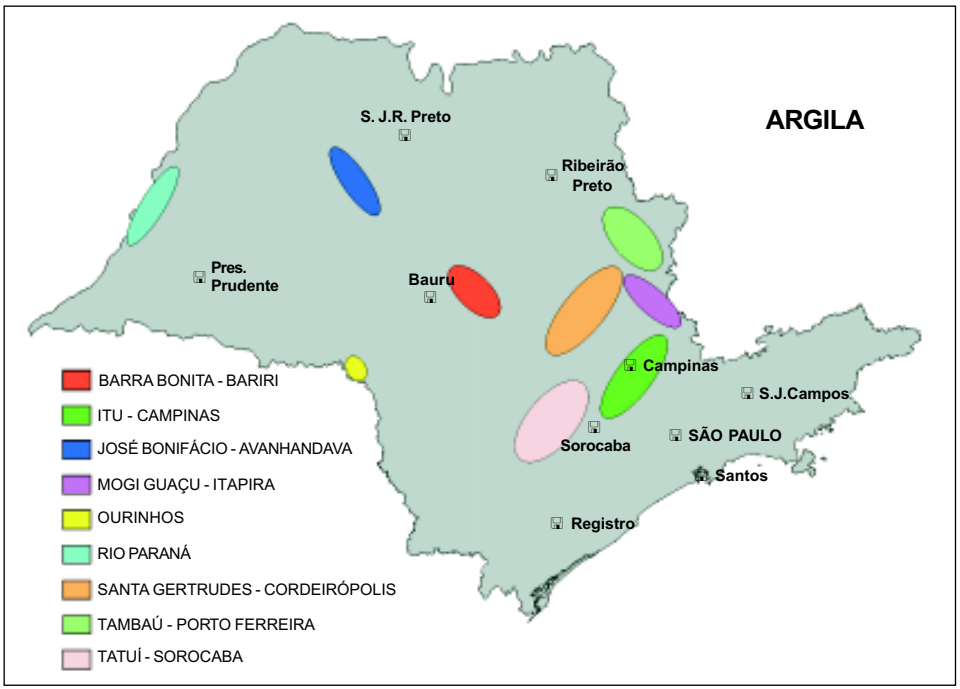
No Embasamento Cristalino, ocorrem as principais extrações de rocha para brita e rochas ornamentais, implantadas em maciços ígneos e metamórficos. Relacionadas aos mantos de alteração dessas mesmas rochas, nas imediações dos centros urbanos, são extraídas areias para a construção civil. Outros bens minerais comuns ao embasamento são os calcários (cimento e cal) e dolomitos, associados às faixas metamórficas carbonáticas dos grupos Açungui e São Roque.

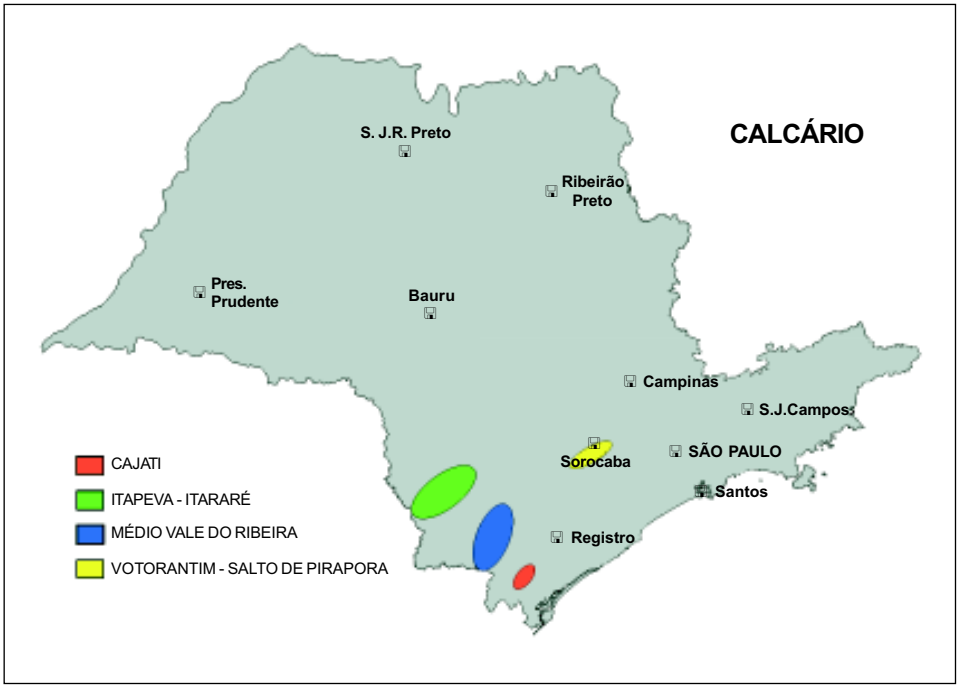
Na Bacia Sedimentar do Paraná, são lavradas, entre outras substâncias minerais, rocha para brita (basaltos), areias para construção civil, areias silicosas para fins industriais (vidro e fundição), calcários dolomitos para corretivos de solo e rochas fosfáticas para fertilizantes (maciços alcalinos). Também associadas a esta unidade geológica, ocorrem extensas faixas de rochas argilosas, fontes de matérias-primas para o cinturão paulista de cerâmica vermelha e aos pólos de revestimentos cerâmicos, de Santa Gertrudes e Mogi Guaçu.

Nos ambientes sedimentares mais modernos (bacias mais jovens de idade cenozóica e aluviões quaternários), as argilas para cerâmica branca, refratária e vermelha e a areia para construção civil são intensamente extraídas, contando-se, mais recentemente, com a lavra de turfa para uso agrícola.

A indústria mineral paulista é constituída, no mínimo, por 3.000 empreendimentos, responsáveis pela geração de cerca de 15.000 empregos diretos. Predominam no setor produtivo as pequenas e médias empresas. As minerações de grande porte, que representam menos de 10% do total, têm sua atuação concentrada na extração de rochas para brita (pedreiras), calcário para cimento (cimenteiras), areia industrial e fosfato para fertilizantes.

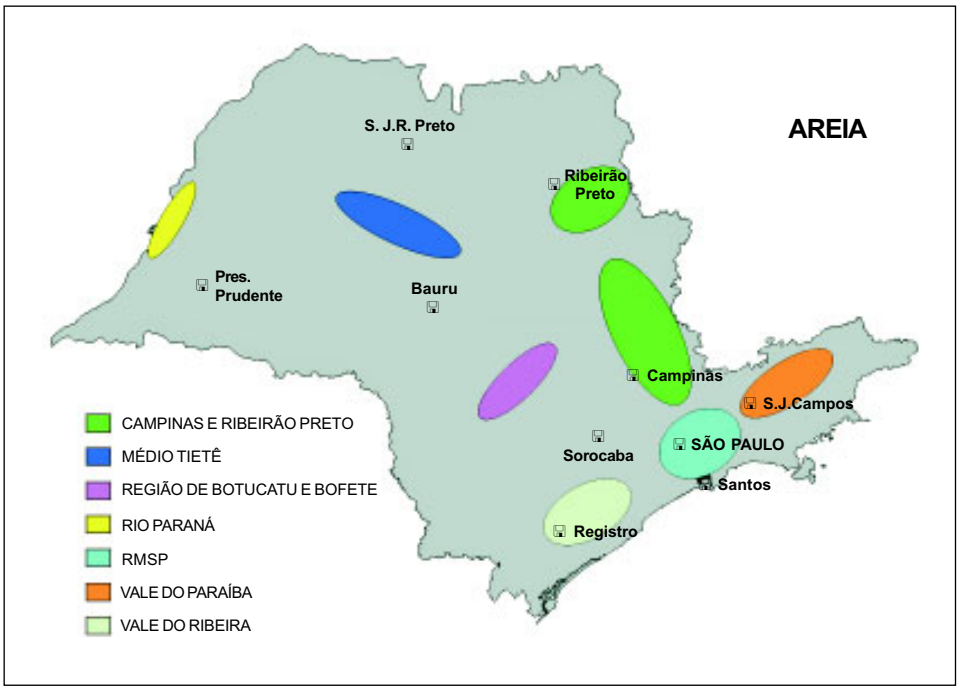
A aptidão geológica de determinadas áreas, combinada com crescimento urbano e industrial, tem propiciado a nucleação da atividade de mineração em zonas específicas no Estado, promovendo a formação de pólos produtores regionais. Assim, são distinguidos em torno de 40 pólos minerários, situados preferencialmente nas regiões da Grande São Paulo, Vale do Paraíba, Vale do Ribeira e adjacências, bem como no cinturão Sorocaba-Campinas-Rio Claro-Tambaú-Ribeirão Preto (Tanno et al., 1994; Mello et al., 1997), conforme ilustram as Figuras 5 e 6.

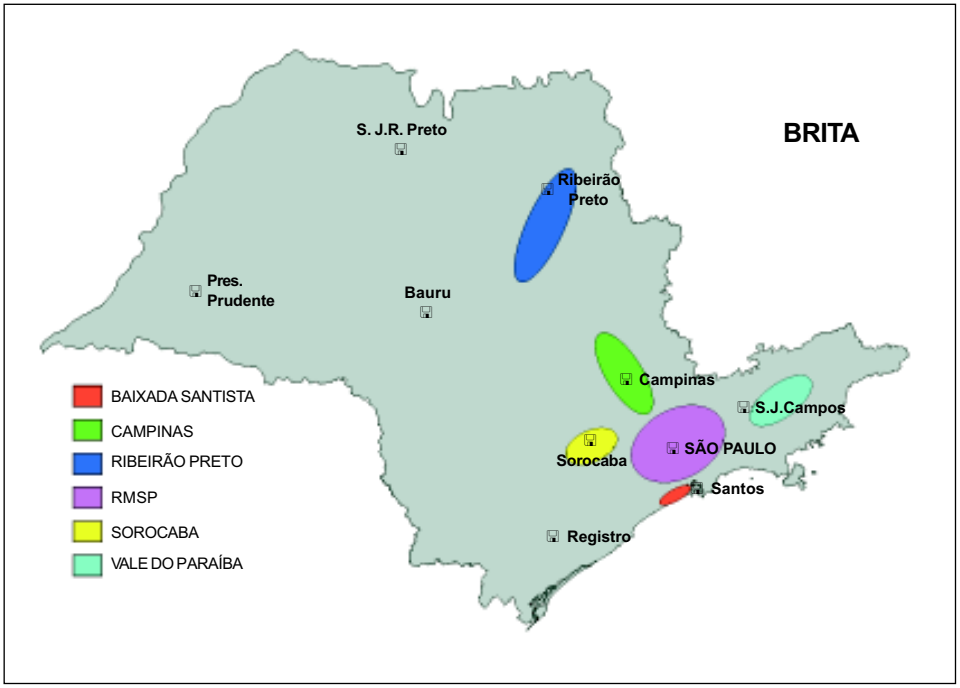




Fontes: Tanno et al. (1994); Mello et al. (1997), modificado.

Figura 5 - Pólos produtores de bens minerais para construção civil no Estado de São Paulo





Fonte: Mello et al. (1997), modificado.

Figura 6 - Pólos produtores de agregados para construção civil no Estado de São Paulo

CAPÍTULO 3

O Papel dos Agentes Públicos e Legislação

3.1 COMPETÊNCIAS CONSTITUCIONAIS

A Constituição Federal e as constituições estaduais estabelecem, nos seus respectivos âmbitos, as competências da União, dos Estados e dos Municípios para o envolvimento nas questões referentes ou associadas ao processo de administração e aproveitamento de recursos minerais.

Particularmente para os municípios, tem-se observado que não existe, com raras exceções, a prática de exercitar, em sua plenitude, suas competências para, entre outros, elaborar legislações próprias, complementando ou suplementando legislações superiores, o que tem dificultado a tomada de iniciativas para salvaguarda ou promoção de legítimos interesses locais.

Os principais dispositivos constitucionais, para os quais os municípios devem convergir maior atenção, são selecionados a seguir.

3.1.1 Pela Constituição Federal

a) Competências da União:

- legislar privativamente sobre jazidas, minas e outros recursos minerais;
- legislar privativamente sobre sistema estatístico, sistema cartográfico e de geologia nacionais; e
- organizar e manter os serviços oficiais de estatística, geografia, geologia e cartografia, de âmbito nacional.

A competência de legislar, nos casos acima, é privativa, mas poderá ser transposta aos Estados desde que devidamente autorizada por lei complementar.

b) Competências da União e dos Estados, de legislar de forma concorrente sobre:

- conservação da natureza, defesa do solo e recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição;
- responsabilidade por dano ao meio ambiente; e
- produção e consumo.

Nessas competências, cabe à União o estabelecimento de normas gerais, não excluindo a competência suplementar dos Estados, enquanto que, na ausência de lei federal sobre normas gerais, é facultado aos Estados o exercício da competência legislativa plena, para o atendimento de suas peculiaridades.

c) Competências comuns da União, dos Estados e dos Municípios:

- registro, acompanhamento e fiscalização das concessões minerárias; e
- proteção do meio ambiente, combate à poluição e proteção das paisagens naturais notáveis e dos sítios arqueológicos.

Para harmonizar o exercício destas competências, é prevista a fixação de normas de cooperação entre os poderes, por meio de lei complementar.

d) Competências dos Municípios:

- suplementar as legislações federais e estaduais, no que couber, e promover o adequado ordenamento territorial por meio de planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano;
- legislar sobre assuntos de interesse local; e
- implantar o Plano Diretor, aprovado pela Câmara Municipal, para cidades com mais de 20 mil habitantes, como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

3.1.2 Pela Constituição do Estado de São Paulo

A Constituição Paulista dispõe sobre competências do Estado e/ou dos Municípios, competências estas que abrangem, tanto de forma explícita como de forma decorrente ou associada, o processo de gestão, fomento e aproveitamento de recursos minerais.

a) Competências explícitas do Estado:

- elaborar e propor o planejamento estratégico do conhecimento geológico de seu território, executando programa permanente de levantamentos geológicos básicos, no atendimento do desenvolvimento econômico e social, em conformidade com a política estadual do meio ambiente;
- aplicar o conhecimento geológico ao planejamento regional, às questões ambientais, de erosão do solo, de estabilidade de encostas, de construção de obras civis, e à pesquisa e exploração de recursos minerais e de água subterrânea;
- proporcionar o atendimento técnico nas aplicações do conhecimento geológico às necessidades das prefeituras do Estado;
- fomentar as atividades de mineração, de interesse socioeconômico financeiro para o Estado, em particular de cooperativas, pequenos e médios mineradores, assegurando o suprimento de recursos minerais necessários ao atendimento da agricultura, da indústria de transformação e da construção civil do Estado,

de maneira estável e harmônica com demais formas de ocupação do solo e atendimento à legislação ambiental; e

- executar e incentivar o desenvolvimento tecnológico aplicado à pesquisa, à exploração racional e ao beneficiamento de recursos minerais.

b) Competências associadas do Estado/Municípios:

As demais competências estabelecidas na Constituição Estadual, seguindo os princípios da Constituição Federal, que têm relação, direta ou indireta, com aspectos associados ou decorrentes do processo de aproveitamento de recursos minerais, estão inseridas nas matérias relacionadas ao meio ambiente, ao saneamento, ao desenvolvimento urbano e à política agrícola, agrária e fundiária.

Tais competências, melhor entendidas mais como dever do que poder, estabelecem ao Estado e/ou aos municípios o dever de assegurar, de estabelecer ou de manter os princípios e as formas legais e práticas para o pleno desenvolvimento das funções sociais e econômicas dos núcleos urbanos, rurais e das atividades produtivas, em consonância com a preservação, conservação e melhoria ambiental, destacando-se, dentre outras, as de:

- estabelecer, mediante lei municipal, normas sobre zoneamento, loteamento, parcelamento, uso e ocupação do solo, índices urbanísticos, proteção ambiental e demais limitações administrativas pertinentes, em conformidade com as diretrizes do plano diretor, plano este obrigatório a todos os municípios, considerando-se a totalidade de seu território;
- controlar e fiscalizar as obras, atividades, processos produtivos, empreendimentos e exploração de recursos naturais de qualquer espécie, objetivando resguardar o equilíbrio ambiental (Estado);
- implementar o "sistema de administração da qualidade ambiental, proteção, controle e desenvolvimento do meio ambiente e uso adequado de recursos naturais", para organizar, coordenar e integrar as ações de órgãos e entidades públicas com a participação da comunidade (Estado);
- apoiar a formação de consórcios entre os municípios, para solução de problemas comuns referentes à proteção ambiental, em particular à preservação e ao uso equilibrado dos recursos naturais (Estado);
- orientar a utilização racional de recursos naturais de forma sustentada, compatível com a preservação do meio ambiente (Estado, com cooperação dos municípios);
- providenciar, com a participação da comunidade, a preservação, conservação, recuperação, defesa e melhoria do meio ambiente (Estado e municípios); e
- estabelecer diretrizes para localização e integração das atividades industriais, dentro do contexto de pleno desenvolvimento econômico e social e considerando os aspectos ambientais (Estado), competindo aos municípios a criação e regulamentação de zonas industriais, devidamente integrados em planos diretores e nas diretrizes estaduais.

3.2 LEGISLAÇÃO

As atividades ligadas à indústria da mineração estão sujeitas às seguintes disposições de ordem legal:

- legislação minerária e correlata;
- legislação ambiental e correlata;
- legislação referente a compensações financeiras; e
- legislações diversas, de forma acessória, análogas às que incidem sobre instalação e operação de empreendimentos de quaisquer outros setores, no âmbito federal, estadual ou municipal (encargos tributários, trabalhistas, alvarás de funcionamento, etc.).

3.2.1 Legislação Minerária

O Código de Mineração (DNPM, 1967), conjugado com a legislação correlata, é o instrumento legal básico que dispõe sobre as formas e condições de habilitação e execução das atividades de pesquisa e lavra de substâncias minerais, sendo sua aplicação de alçada do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, órgão do Ministério de Minas e Energia, que conta com unidades regionais em vários estados, entre as quais o Distrito de São Paulo.

O Código estabelece que tais atividades devem estar, obrigatoriamente, enquadradas em uma das seguintes formas legais de aproveitamento:

⇨ Regime de autorização

⇨ Regime de concessão

⇨ Regime de licenciamento

⇨ Registro de extração, exclusivo para órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados ou dos Municípios

⇨ Regime de permissão de lavra garimpeira

⇨ Regime de monopolização

O enquadramento em uma destas formas legais é estabelecido de acordo com o tipo de substância mineral objetivada, do modo de sua ocorrência e/ou como tipo de sua utilização, não sendo permitidas, como regra, opções de livre escolha, a não ser em casos restritos, especificados na legislação.

De forma subordinada a esses aspectos, diferenciam-se, também, em termos de tamanho da área máxima permitida, de prazos de pesquisa e de lavra, de obrigações técnicas e legais, bem como, de procedimentos de acesso.

Algumas substâncias, dadas suas características intrínsecas ou extrínsecas, têm o seu aproveitamento regido por leis especiais, a saber:

a) água mineral - Código de Águas Minerais, conjugado com o Código de Mineração e dispositivos legais do Ministério da Saúde (DNPM, 1945; 1967);
b) água subterrânea;
c) substâncias minerais ou fósseis de interesse arqueológico e/ou destinados a museus, estabelecimentos de ensino e outros fins científicos; e
d) substâncias minerais que constituem monopólio estatal.

Excepcionalmente, em apenas duas situações, a extração ou movimentação de substâncias minerais pode ser conduzida sem o enquadramento nos dispositivos da legislação minerária, a saber:

- movimentação de terras e desmonte de materiais *in natura* que se fizerem necessários à abertura de vias de transporte; e
- obras gerais de terraplenagem e de edificações, desde que não haja comercialização das terras e dos materiais resultantes dos referidos trabalhos e caso haja seu aproveitamento na própria obra.

Essas situações independem de qualquer formalização ou sujeição a normas específicas no contexto da legislação minerária, mas, para a execução dessas atividades, deve ser observada a incidência, no que couber, de outros dispositivos legais existentes em outras alçadas, especialmente a ambiental, análogos aos que incidem sobre quaisquer outros tipos de empreendimentos.

De uma forma geral, é importante para o município deter o conhecimento, mesmo que mínimo, das características básicas desses tipos de enquadramento legal, conforme apresentadas a seguir, com atenção especial ao *regime de licenciamento* e ao *registro de extração,* já que guardam relação mais direta com a atuação ou necessidade da municipalidade.

3.2.1.1 Regime de Autorização

É representado pelo Alvará de Autorização de Pesquisa, diploma expedido pelo Diretor Geral do DNPM, através do qual, e somente a partir deste, o seu titular está habilitado a realizar as pesquisas geológicas e os correspondentes trabalhos técnicos para a definição das substâncias de interesse econômico, dentro dos limites da área previamente solicitada e aprovada (extensão máxima de 50, 1.000 ou 2.000 hectares, conforme a substância e a região) e dentro de prazos previamente estabelecidos (máximo de 3 anos).

A autorização de pesquisa é outorgável à pessoa física ou jurídica, podendo a área abranger terrenos de domínio público ou particular, desde que se pague, aos respectivos proprietários ou posseiros, uma renda pela ocupação dos terrenos (exceto

no caso dos terrenos públicos) e uma indenização pelos danos e prejuízos que possam ser causados pelos trabalhos de pesquisa, mediante a formalização de um acordo entre as partes, ou por decisão judicial.

Por meio deste alvará de pesquisa, como o próprio nome indica, está assegurada apenas a pesquisa ao seu titular, e não a lavra, cuja concessão somente pode ser solicitada após o cumprimento técnico, administrativo e legal das disposições contidas neste regime.

Entretanto, excepcionalmente, é admitida a extração mineral na vigência do Alvará - antes, portanto, de ser obtida a concessão de lavra - mediante solicitação de autorização específica, denominada *guia de utilização*, desde que devidamente justificada e obedecidos os demais dispositivos que regulam o assunto, ficando a critério exclusivo do DNPM o deferimento ou não da solicitação. A extração mineral por meio de guia de utilização depende, da mesma forma que outros regimes, de *licenciamento ambiental* do órgão competente.

Como regra geral, para a outorga do Alvará, não é exigido prévio licenciamento, autorização ou assentimento de outros órgãos especializados, exceto em casos especificados na legislação, quando então se sujeita à apresentação, quando couber, de: prévia *autorização ambiental* (em áreas de preservação ou proteção, ou quando se fizer necessário o desmatamento); prévio *assentimento do município* (em áreas urbanas); e de *anuência do DAEE* - Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (em cursos d'água), além de estar sujeita à efetivação de consulta, pelo DNPM, aos órgãos ou entidades que têm, sob jurisdição ou atuação, áreas específicas (Ministério da Marinha, Funai e CNEN entre outros) quanto à conveniência, ou não, da realização dos trabalhos de pesquisa.

O *Alvará* sujeita-se à suspensão ou caducidade quando a atividade for desenvolvida de forma contrária às disposições especificadas no Código e na legislação correlata, bem como obriga o pagamento de taxa anual, por hectare, durante a vigência do título.

3.2.1.2 Regime de Concessão

É consubstanciado na Portaria de Lavra, diploma expedido pelo Ministro de Minas e Energia, pelo qual, e somente a partir deste, o titular fica habilitado a praticar os trabalhos de extração mineral.

A Portaria de Lavra é concedida a pessoas jurídicas, como decorrência do cumprimento de todas as disposições legais, técnicas e administrativas anteriores, relativas ao *regime de autorização*, especialmente a aprovação do correspondente Relatório de Pesquisa e subseqüente apresentação e aprovação de um Plano de Aproveitamento Econômico da jazida então definida, assim como da apresentação do prévio *licenciamento ambiental* do órgão competente, além de *assentimento*, *aceite* ou *outorga* de outros órgãos competentes, quando em área de sua jurisdição (extração em leito de rios e em áreas de reservatórios, entre outros).

A Portaria de Lavra não tem prazo de vigência previamente definido, sendo seu limite, em tese, o tempo de vida útil da mina, sujeitando-se, no entanto, a penalidades, entre outras, de suspensão ou decretação de caducidade, quando praticada em desacordo com o Código e legislação correlata, além de embargos, como qualquer outra atividade, quando ferir dispositivos legais afetos a matérias sob jurisdição de outros organismos públicos específicos ou quando for considerada contrária ao interesse público.

O proprietário do solo onde se localiza a mina tem direito à participação nos resultados da lavra, no valor equivalente a 50% do valor apurado no cálculo da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM.

3.2.1.3 Regime de Licenciamento

É o regime pelo qual a extração depende, em primeiro lugar, de licença específica expedida pelo município, segundo critérios e regulamentos próprios e, subseqüentemente, do seu registro no DNPM, além de licenciamento ambiental emitido pelo órgão competente e, quando for o caso, de: assentimento de órgãos ou entidades (área situada em imóvel pertencente a pessoa jurídica de direito público ou em terrenos de interesse ou jurisdição da Funai); outorga do DAEE (extração em leito de rios); e aceite do concessionário ou proprietário de reservatórios d'água.

O regime de licenciamento é facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele tiver expressa autorização.

O proprietário do solo onde se localiza a mina tem direito à participação nos resultados da lavra, no valor equivalente a 50% do valor apurado no cálculo da CFEM.

Os trabalhos de lavra podem ser desenvolvidos sem a execução prévia de trabalhos de *pesquisa mineral* (item principal e obrigatório no *regime de autorização*) e nem de um Plano de Aproveitamento Econômico prévio (disposto como obrigatório no *regime de concessão*). Embora, como regra, não seja obrigatório, este Plano é exigido nos seguintes casos:

- área situada em região metropolitana, definida como tal em lei;
- conflito com outras atividades preexistentes na área;
- quando a lavra for considerada contrária ao interesse público; e
- na emergência de outras situações, a critério do DNPM.

Entretanto, em qualquer caso, é obrigatória a apresentação do Plano de Lavra - PL, que é o projeto técnico constituído pelas operações coordenadas de lavra objetivando o aproveitamento racional do bem mineral, conforme disposto nas Normas Reguladoras de Mineração - NRM instituídas pela Portaria nº 12 (DNPM, 2002a).

A área máxima para o licenciamento está definida, em lei, como sendo de 50 hectares, enquanto que a determinação do prazo de vigência e de outras condições é prerrogativa do município.

O regime de licenciamento é aplicável somente para um grupo restrito de substâncias minerais, cujo aproveitamento pode ser feito sem submissão a processo industrial de beneficiamento e, ainda, que a sua utilização não seja como matéria-prima destinada à indústria de transformação.

As substâncias admitidas neste regime são as citadas a seguir. Pode-se, opcionalmente, solicitar, a critério do interessado, o seu enquadramento no *regime de autorização* e, subseqüentemente, no *de concessão*:

(a) areias, cascalhos, saibros e rochas utilizadas na produção de britas, para o preparo de agregados e argamassas de utilização imediata na construção civil;

(b) rochas e outras substâncias minerais para aparelhamento de paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões e de calçamentos sem processo de beneficiamento de suas faces;

(c) argilas usadas no fabrico da cerâmica vermelha; e

(d) calcários empregados como corretivos de solo na agricultura.

É importante destacar que o regime de licenciamento é o único que reserva ao município o poder direto de decidir quanto à outorga, ou não, de um direito de extração mineral, mas tal poder é anulado quando o interessado na extração mineral dessas substâncias especificadas utilizar-se da opção (acima citada) pelo enquadramento nos *regimes de autorização* e *de concessão*.

Dada a relação direta deste regime com a municipalidade, é apresentado no Anexo B o roteiro para obtenção do título autorizativo para a lavra de substâncias minerais enquadradas neste regime legal.

No entanto, também é importante destacar que, mesmo nesses outros regimes, quando o município não tem o poder de decidir sobre a outorga do título minerário, não fica impedida a ação municipal, em termos de exigências de enquadramento em suas legislações próprias, relativas ao uso e ocupação do solo e à instalação e operação de empreendimentos industriais, entre outros, em seu território.

3.2.1.4 Registro de Extração

O Registro de Extração, introduzido pela Lei nº 9.827/99 (Anexo C), é de aplicação exclusiva para órgãos da administração, direta ou autárquica da União, dos Estados ou dos Municípios e representa, em tese, quando confrontado com os demais tipos legais de aproveitamento, uma simplificação e maior agilidade no

processamento formal envolvido no requerimento, na outorga e na execução da lavra.

Diferencia-se dos regimes de aproveitamento, basicamente, pelos seguintes aspectos:

a) a extração deve ser executada diretamente pelo órgão sendo vetada a contratação de terceiros para esse fim;

b) o produto da lavra deve ser utilizado exclusivamente em obras públicas executadas diretamente pelo mesmo órgão;

c) é vetada a comercialização das substâncias extraídas;

d) a extração deve se dar por prazo determinado, de acordo com as necessidades da obra;

e) a área máxima permitida para registro é de 5 hectares;

f) excepcionalmente, o Registro poderá ser outorgado em áreas já oneradas por títulos de direitos minerários sob outros regimes; e

g) é vetada a cessão ou transferência do Registro.

As substâncias minerais admitidas por este Registro são exclusivamente aquelas de emprego imediato na construção civil, definidas como tal na legislação, a saber:

a) areia, cascalho e saibro, quando utilizados *in natura* na construção civil e no preparo de agregados e argamassas;
b) material sílico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo;
c) rochas para aparelhamento de paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões ou lajes para calçamento; e
d) rochas, quando britadas, para uso imediato na construção civil.

Analogamente ao disposto para a lavra mineral sob outros regimes, o Registro de Extração depende da obtenção prévia da licença de operação expedida pelo órgão ambiental competente.

3.2.1.5 Regime de Permissão de Lavra Garimpeira

Este regime contempla aquelas atividades de extração mineral historicamente associadas aos termos de domínio público conhecidos como *garimpos, garimpagem, garimpeiros* e *minerais garimpáveis.*

Antes da introdução deste regime no Código de Mineração, em 1989, essas atividades não dependiam de requerimento e outorga de título específico, apenas estando subordinadas ao registro do garimpeiro no Cartório local. Pela legislação atual, não é permitida nenhuma atividade de garimpagem (seja individual, seja na forma de cooperativa) sem ter sido previamente requerido e outorgado o competente título de Permissão pelo órgão federal.

Somente estão contemplados neste regime os minerais considerados garimpáveis pela legislação, que são atualmente os seguintes:

a) ouro, diamante, cassiterita, columbita, tantalita e wolframita, exclusivamente nas formas aluvionar, eluvionar e coluvial; e
b) scheelita, rutilo, quartzo, berilo, muscovita, espodumênio, lepidolita; as demais gemas, feldspato, mica e outros, em tipo de ocorrência que vierem a ser indicados pelo DNPM.

A Permissão de Lavra Garimpeira, diploma expedido pelo Diretor Geral do DNPM, é outorgável somente a brasileiro (pessoa física ou firma individual) ou a cooperativa de garimpeiros e, analogamente às atividades enquadradas nos outros regimes, depende de licenciamento ambiental específico do órgão competente, além de assentimento de outros órgãos ou entidades específicos quando em áreas de sua jurisdição ou atuação, sendo que, em área urbana, depende expressamente de assentimento da autoridade municipal.

A área máxima permitida é de 50 hectares, para pessoa física ou firma individual, e máxima de 1.000 hectares, para cooperativa de garimpeiros, sendo o prazo máximo de validade do título igual a 5 anos.

3.2.1.6 Regime de Monopolização

Neste regime, enquadram-se as substâncias minerais objeto de monopólio estatal, a saber: petróleo, gás natural, outros hidrocarbonetos fluidos e minerais e minérios nucleares.

Dada a sua especificidade, a pesquisa e o aproveitamento referentes a essas substâncias, embora minerais, estão subordinados a leis especiais que condicionam sua execução, direta ou indireta, pelo Governo Federal, e estão incursos em áreas de competências de outros órgãos específicos, vinculados ao Ministério de Minas e Energia, que não o Departamento Nacional de Produção Mineral.

3.2.1.7 Legislação Especial - Águas Minerais

Para as substâncias que são regidas por leis especiais, são feitas considerações apenas para a água mineral, pelo fato de se constituir na substância cujo aproveitamento acontece ou tem potencial de acontecer mais extensivamente em grande parte dos municípios paulistas.

A pesquisa e o seu aproveitamento são regulados pelo Código de Mineração, enquadrando-se nos regimes de *Autorização* e de *Concessão*, e pelas disposições especiais do Código de Águas Minerais e legislação correlata, estando enquadradas não só as águas destinadas ao consumo humano como, também, aquelas destinadas a fins balneários.

A legislação regula as atividades de pesquisa, captação, condução, envase e respectivas instalações, a distribuição de águas minerais, bem como o funcionamento das empresas e das estâncias que exploram esse bem mineral, sendo o DNPM o órgão fiscalizador, suplementado pelas autoridades sanitárias e administrativas federais, estaduais e municipais (Ministério da Saúde e Secretarias de Saúde).

O termo "águas minerais" é aplicado, de forma ampla, segundo o Código, para "aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuam composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confiram uma ação medicamentosa...", mas é vetado constar nos rótulos qualquer referência ou designação relativa a eventuais características ou propriedades terapêuticas da água ou da fonte, salvo em casos em que há autorização dos órgãos competentes.

Essas características estão estabelecidas no Código de Águas Minerais e se referem, basicamente, à composição química da água e às condições físico-químicas na fonte, daí resultando a correspondente classificação (alcalino-bicarbonatada, sulfatada, cloretada, radioativa, termal, gasosa, etc.).

O termo "água potável de mesa" é utilizado para designar as águas que não alcançam a classificação de "minerais", mas que "preencham tão somente as condições de potabilidade para a região", cujo aproveitamento também está incurso na mesma legislação.

As águas que mesmo não se enquadrando nos parâmetros de classificação oficial do Código, possuam inconteste e comprovada ação medicamentosa (característica esta que deve ser efetivamente comprovada por meio de observações no local e de documentos de natureza clínica e laboratorial), são classificadas sob a designação de águas oligominerais.

As fontes, balneários e estâncias de águas minerais e potáveis de mesa devem contar com as respectivas áreas de proteção, com seus perímetros formalmente delimitados, para assegurar a qualidade das águas ante agentes poluentes em potencial, relacionados às diversas atividades de uso e ocupação do solo (agropecuária, indústria, disposição de resíduos, núcleos urbanos, etc.), bem como para promover a preservação, conservação e uso racional do potencial hídrico.

A ocupação ou execução de obras dentro deste perímetro, como escavações para quaisquer finalidades (cisternas, fundações, sondagens, etc.), necessita de autorização do DNPM, estando previstas, também, na legislação, formas de indenização ao proprietário no caso de privação de uso ou destruição de seu terreno

inserido neste perímetro. Os estudos necessários à definição de tais áreas estão estabelecidos pelo DNPM, em sua Portaria nº 231 (DNPM, 1998).

3.2.2 Legislação Ambiental

Sob o aspecto da legislação ambiental, a mineração é classificada como atividade potencialmente modificadora do meio ambiente e, como tal, está sujeita, entre outros, ao processo de licenciamento ambiental e à recuperação de áreas degradadas.

O licenciamento ambiental é condicionado à apresentação e aprovação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do respectivo Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente - Rima, os quais, no entanto, conforme o tipo de atividade, a situação da área onde se insere o empreendimento e/ou a correspondente capacidade de suporte do meio ambiente, podem ser dispensados e substituídos por outros estudos ambientais específicos, conforme disciplinados pelo órgão competente, e deliberados caso a caso.

Em quaisquer casos, no entanto, sempre é exigido o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - Prad, conforme dispõe a Constituição Federal, em seu artigo 225 e Decreto nº 97.632 (Brasil, 1988; 1989).

Os procedimentos para o processo de licenciamento ambiental das atividades de mineração estão, no caso do Estado de São Paulo, articulados com os procedimentos do DNPM para o processo de requerimento e obtenção de títulos minerários.

No Estado de São Paulo, o processo de outorga do licenciamento ambiental, ou assentimento, conforme o caso, das atividades de mineração, assim como de quaisquer outras atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, é de competência da Secretaria de Estado do Meio Ambiente que integra, como órgão seccional, a estrutura do Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama, que trata da implementação da Política Nacional do Meio Ambiente. Em casos especiais, definidos em lei, este licenciamento é da alçada do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama.

No contexto da Política Estadual do Meio Ambiente, a Secretaria do Meio Ambiente é o órgão central da estrutura do Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais - Seaqua, que tem por objetivo organizar, coordenar e integrar as ações de órgãos e entidades instituídos pelo poder público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, assegurada a participação da coletividade.

Órgãos ou entidades municipais que objetivam a proteção e melhoria da qualidade ambiental fazem parte, como *órgãos locais*, da estrutura do Sisnama e do Seaqua e, nestas condições, podem elaborar padrões e normas supletivas e complementares, observando-se as restrições federais e estaduais.

Na existência de um órgão ambiental municipal, a legislação prevê a sua competência para o licenciamento ambiental, no caso de empreendimentos e atividades de impacto ambiental local e daqueles que lhe forem delegados pelo Estado, por instrumento legal ou convênio, ouvidos, quando couber, os órgãos competentes da União e dos Estados.

Neste caso, a delegação da competência de licenciamento aos municípios – assim como para qualquer ente federado – está condicionada à existência de Conselhos de Meio Ambiente locais, com caráter deliberativo e participação social e, ainda, possuir em seus quadros, ou à sua disposição, profissionais legalmente habilitados.

Entretanto, mesmo nos casos de não haver competência específica, a legislação prevê que o licenciamento ambiental, processado no âmbito das competências da União ou dos Estados, deve considerar o exame técnico procedido pelo(s) órgão(s) ambiental(is) do(s) município(s) onde se localizar a atividade ou o empreendimento.

As diversas entidades envolvidas no processamento de direitos minerários, por força das legislações minerária e ambiental, estão esquematizadas na Figura 7.

3.2.3 Compensações Financeiras

A exploração de recursos minerais, de recursos hídricos, para geração de energia elétrica, e de petróleo ou gás natural sujeitam-se ao recolhimento de compensações financeiras aos correspondentes municípios e estados produtores, bem como a órgãos da União, de acordo com o que dispõe a Constituição Federal, em seu artigo 20, § 1º.

As compensações financeiras são encargos que têm natureza jurídica de preço público e caráter indenizatório, não se constituindo, pois, em tributos, estando reguladas, na legislação ordinária, as respectivas bases de cálculo, distribuição das cotas partes e outras disposições correlatas.

É recomendável aos municípios deter o conhecimento quanto à evolução da arrecadação destas compensações, não só pelo fato de serem fontes de recursos, como também por serem indicadores do planejamento de suas ações, já que refletem, de certa forma, o comportamento desses tipos de atividades econômicas nos seus respectivos territórios.

O acompanhamento e a fiscalização da arrecadação da compensação financeira relativa a *recursos minerais* são da alçada do DNPM, enquanto que a de recursos hídricos, para geração de energia elétrica, e a de petróleo e gás natural são, respectivamente, da Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel e da Agência Nacional do Petróleo - ANP. Particularmente com relação aos recursos minerais, o DNPM vem adotando a sistemática de estabelecer convênios com os estados e municípios objetivando otimizar o controle da arrecadação.

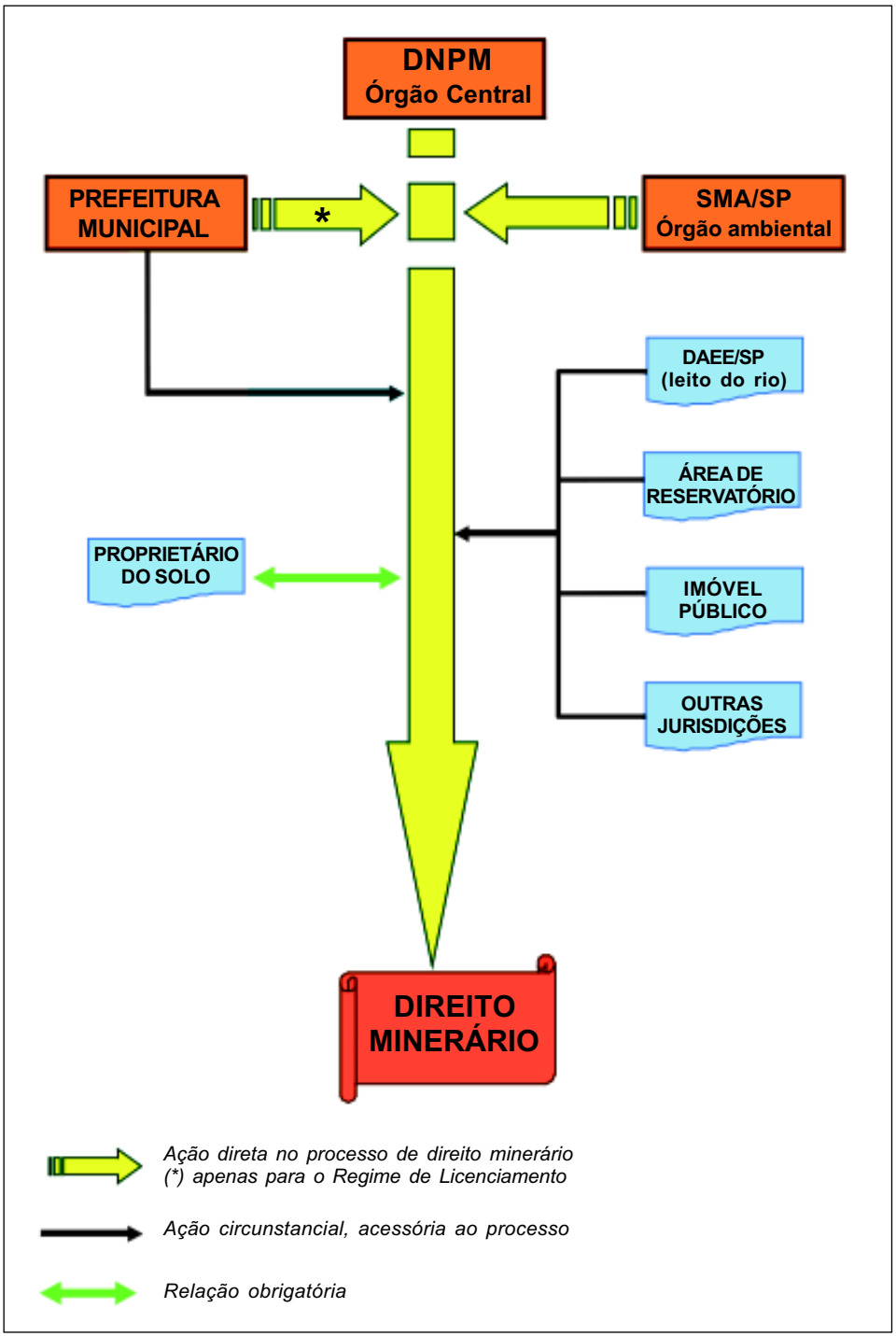


Figura 7 - Órgãos envolvidos no processamento de direitos minerários (SP)

O pagamento das compensações financeiras é depositado mensalmente pelo Banco do Brasil, diretamente em contas específicas dos beneficiários.

3.2.3.1 Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM

A base de cálculo é o faturamento líquido resultante da venda (ou o equivalente à transferência) do minério, com aplicação das seguintes alíquotas, conforme o tipo da substância:

- ➔ 3% para minérios de alumínio, manganês, sal gema e potássio;
- ➔ 2% para minérios de ferro, fertilizantes, carvão e demais substâncias, exceto ouro; e
- ➔ 1% para ouro (isento os garimpeiros) e 0,2% para pedras preciosas, pedras coradas lapidáveis, carbonados e metais nobres.

O valor arrecadado é assim distribuído:

- ➔ 65% ao Município produtor;
- ➔ 23% ao Estado;
- ➔ 10% ao DNPM; e
- ➔ 2% ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT.

3.2.3.2 Compensação Financeira pela Exploração de Petróleo, Xisto Betuminoso e Gás Natural

A base de cálculo é de 5% sobre o valor da produção, sendo o valor arrecadado assim distribuído:

- 20% ao Município produtor;
- 10% aos Municípios onde se localizarem instalações marítimas ou terrestres de embarque ou desembarque; e
- 70% ao Estado.

No caso de produção na plataforma continental, é estipulada a seguinte distribuição:

- 30% aos Municípios confrontantes e suas respectivas áreas geoeconômicas (definidas pelo FIBGE);
- 10% aos Municípios onde se localizarem instalações marítimas ou terrestres de embarque ou desembarque;
- 30% aos Estados confrontantes;
- 10% ao Fundo Especial: a ser distribuído entre todos os Estados e Municípios, seguindo os mesmos critérios de rateio do Fundo de Participação dos Estados e Municípios; e
- 20% ao Ministério da Marinha.

3.2.3.3 Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Hídricos para Geração de Energia Elétrica

A base de cálculo é de 6% sobre o valor da energia produzida (estando previstos casos de isenção), cujo total arrecadado é assim distribuído:

- 45% aos Municípios (rateio entre aqueles onde está localizada a usina de geração e os ocupados por seu reservatório);
- 45% ao Estado;
- 3% ao Ministério do Meio Ambiente;
- 3% ao Ministério de Minas e Energia; e
- 4% ao FNDCT.

3.2.4 Legislações Diversas

Incidem ainda sobre a atividade de mineração, de forma associada, as legislações comuns, no que couber, a todos e quaisquer empreendimentos de outros setores e segmentos econômicos no âmbito federal, estadual ou municipal.

São disposições legais que se referem, entre outros, ao ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, IRPJ - Imposto de Renda de Pessoa Jurídica, PIS, Cofins, FGTS, INSS, ISS, Contribuição Social sobre o Lucro Líquido, alvarás de funcionamento e legislações sobre usos e ocupação do solo. Por não serem de natureza especializada à mineração, deixam de ser comentados seus detalhes nesta publicação.

CAPÍTULO 4

Diretrizes para Gestão Municipal

4.1 NECESSIDADE DE UMA POLÍTICA MUNICIPAL

Nos primeiros capítulos foi evidenciado o aspecto indissociável entre a extração e aproveitamento dos recursos minerais e o desenvolvimento socioeconômico.

De maneira mais localizada, na ótica da municipalidade, além da satisfação do atendimento às necessidades básicas de consumo de insumos e produtos minerais pela população, a mineração, como atividade econômica, gera uma série de outros ganhos à coletividade.

Como benefícios diretos da existência de minerações apontam-se a geração de emprego, renda, tributos e compensações financeiras, além da maior facilidade econômica de acesso a uma série de substâncias minerais, em especial daquelas consideradas de uso social - areia, brita, rochas para cantaria e materiais de empréstimo para construção civil, argilas para fins cerâmicos e rochas carbonáticas para corretivo agrícola.

Mais ainda, a instalação de empreendimentos de mineração pode funcionar como um fator de desencadeamento do desenvolvimento econômico regional. Este processo, em regiões mais desenvolvidas se dá quando ocorre o aproveitamento da disponibilidade de matérias-primas minerais como uma vantagem comparativa local, propiciando a expansão da economia municipal por meio da verticalização da mineração, com a implantação de outros segmentos industriais intensivamente consumidores de bens minerais. Casos típicos são a instalação de indústrias cerâmicas, cimenteiras e de fertilizantes.

Em regiões ermas ou menos favorecidas economicamente, situação de amplas porções do território brasileiro, a implantação de grandes empreendimentos mínero-industriais pode funcionar como fator de nucleação e propulsor do desenvolvimento socioeconômico local e regional, carreando investimentos em infra-estrutura, transporte, energia e serviços, e que pode conduzir, até mesmo, à construção de novas cidades.

Se por um lado a mineração é indispensável para a sustentação e melhoria do padrão de vida do homem e gera benefícios econômicos, sua coexistência com o meio social e ambiental não é nada pacífica, o que vem criando um campo fértil de discussões, em diversas esferas da sociedade.

A mineração pode, desde a fase de pesquisa até o abandono da área lavrada, provocar, em maior ou menor intensidade, uma série de impactos ambientais indesejáveis e disputa de espaço territorial e, como tal, encerra um alto potencial de competir e até mesmo de colidir frontalmente com outras formas ou atividades de uso e ocupação do espaço físico, tais como agricultura, pecuária, turismo, assentamentos urbanos e preservação e conservação ambientais.

Por esta característica em si, a compatibilização da convivência dessas diferentes formas de atividade econômica, ou mesmo a definição de prioridade sobre uma delas, em harmonia com a conservação do meio ambiente, deve ser precedida de análises setoriais, feitas pelos agentes institucionais envolvidos e com participação pública. A integração destas análises e a definição de alternativas são, por sua vez, desafios permanentes que se apresentam aos poderes públicos, nos seus propósitos de planejar e fomentar a implantação de atividades econômicas que melhor assegurem a obtenção de maiores benefícios possíveis, com menor custo social e ambiental.

No plano municipal, a falta do conhecimento adequado dos reflexos proporcionados pelo setor mineral e das prerrogativas que a legislação lhe confere para agir pró-ativamente na instalação ou no desenvolvimento da mineração em seu território, bem como na sua adequação aos condicionantes ambientais, pode levar a uma série de situações indesejáveis, com prejuízos à comunidade de forma geral. Casos típicos são as dificuldades na resolução de conflitos entre minerações e outras formas de uso e ocupação do solo, a falta de controle de impactos ambientais e, ainda mais, na avaliação do que pode estar ou do que não está sendo contabilizado aos cofres municipais em termos de recolhimentos das obrigações fiscais a que estão sujeitas as empresas mineradoras.

Ainda que o processo de outorga, fiscalização, regulação e fomento das atividades de mineração, especialmente em termos das legislações ambiental e minerária, esteja fortemente vinculado aos entes federal e estadual, é importante destacar que ele também assegura, ao município, o envolvimento em diversas situações, cuja legitimidade – bem como os limites e as formas desta – está fundamentada em dispositivos constitucionais e na legislação ordinária mencionados no Capítulo III.

Conforme referido em Cepam (1991), a política como um conjunto de comportamentos e ações, diretas e harmônicas do Poder Público, orienta a execução de planos, programas e projetos específicos em consonância com as particularidades locais. Depreende-se disto, que uma política de Recursos Minerais e Mineração deve ser específica para cada município, pois é estabelecida a partir da realidade local.

O município, fazendo parte de contextos geoeconômicos maiores - região administrativa, bacia hidrográfica, área de influência econômica -, apresenta várias dimensões para a análise dos seus referenciais para uma política sobre aproveitamento de seus recursos minerais em bases ambientalmente sustentáveis.

Desse modo, é importante que o município acompanhe as políticas nacionais e regionais, pois as mesmas repercutem sobre a disponibilidade dos recursos minerais

e de suas relações com outras formas de uso e ocupação do solo, e com a preservação e conservação ambiental.

4.2 BASES TÉCNICAS E LEGAIS

Embora amparada em princípios simples e consagrados no arcabouço legal do País, a gestão dos recursos minerais torna-se controversa na medida em que o conjunto de leis que define as competências dos entes federados, os procedimentos de acesso aos recursos minerais e seu aproveitamento, o licenciamento ambiental das atividades, assim como o controle e fiscalização das obrigações impostas aos mineradores, normalmente leva a distintas interpretações.

Os recursos minerais são bens da União e apenas esta pode legislar sobre jazidas, dispondo-se de regras e procedimentos, definidos em leis, para regular o exercício, por concessão, do aproveitamento dos recursos minerais.

Embora instituída há muito tempo, a duplicidade de propriedade sobre determinado espaço territorial, ou seja, a "propriedade ou posse sobre o terreno" e a "propriedade dos recursos minerais contidos no mesmo terreno", esta relação é sempre questionada em virtude de interesses diferenciados, visto que, independentemente de interesses econômicos, a propriedade territorial subordina-se também às leis emitidas por diferentes instâncias do poder constituído, exemplificando-se pelas leis de constituição de áreas reservadas, nas esferas federal, estadual ou mesmo municipal.

Por outro lado, o aproveitamento de recursos minerais depende de prévio licenciamento ambiental, que pode circunstancialmente ocorrer em qualquer uma das esferas do Poder Público, ou até mesmo subordinar-se a mais de uma instância, ficando ainda o empreendedor com a obrigação de recuperar a área minerada.

Assim, levando em conta a inter-relação de leis que incidem direta ou indiretamente na política mineral, explicitada no Capítulo III, cabe papel importante do município na gestão dos recursos minerais, seja de forma direta ou de forma acessória. Essa ação pública poderá se dar basicamente de três formas:

a) exercício das atribuições legais relativas à mineração;
b) formulação de políticas institucionalizadas atreladas aos instrumentos maiores de gestão pública do município - Lei Orgânica, Planos Diretores e Lei de Uso e Ocupação do Solo, envolvendo desde programas mais abrangentes de planejamento e gestão da mineração até projetos específicos, contemplando particularidades locais (por exemplo, convivência entre uma mina e comunidade nos entornos);
c) ações coordenativas - como agente articulador dos vários atores públicos (municipal, estadual e federal) e privados (representantes empresariais e associações representativas da sociedade civil) que interagem na solução de demandas relacionadas à mineração - resolução de conflitos, regularização de minas, fomento à atividade mínero-industrial, entre outras.

4.2.1 Atribuições Legais

Entre as formas de atuação do município na gestão dos recursos minerais, constam uma série de atribuições legais, sejam diretas ou acessórias, derivadas da Legislação Federal e Estadual, cabendo destacar as seguintes:

- expedição de licença específica para extração de minerais sob regime de licenciamento, para permitir o subseqüente registro no DNPM; cabendo ao município o estabelecimento das condições, prazos e obrigações (além daquelas definidas no Código de Mineração) para o empreendimento;
- extração de minérios de utilização direta em obras públicas pelo regime de Registro de Extração;
- manifestação prévia (mediante consulta pelo DNPM) sobre a outorga de direitos minerários em zona urbana;
- manifestação sobre processos de licenciamento ambiental (mediante consulta) quando o órgão licenciador não for municipal;
- definir, quando couber, usos futuros para as áreas mineradas e acompanhar a implementação dos planos de recuperação das áreas degradadas;
- registro, acompanhamento e fiscalização das atividades de mineração, incluindo a arrecadação de impostos e compensação financeira, as condições de concessão e o atendimento das exigências ambientais, de forma cooperada com a União e com o Estado; e
- controle e fiscalização de obras, atividades, processos produtivos, empreendimentos e exploração de recursos naturais (incluindo-se aqui os alvarás de funcionamento), analogamente a qualquer empreendimento ou atividade econômica.

A atuação pró-ativa do município no exercício dessas atribuições garante maior eficácia no controle da atividade de mineração em seu território. Entretanto, essa atuação também deve estar associada a outros instrumentos de política e planejamento municipal, visando a garantia do aproveitamento racional de seus recursos minerais de forma harmônica com as demais políticas setoriais - ambiental, industrial, ocupação urbana e rural, entre outras, como abordados no item subseqüente.

4.2.2 Instrumentos Legais

O município dispõe de vários instrumentos legais de planejamento e gestão, em decorrência da Constituição Federal e das constituições estaduais e leis ordinárias associadas, que podem subsidiar a implantação da política municipal de recursos minerais, como indicadas a seguir (Cepam, 1991):

- **Plano Diretor**: segundo a Constituição Federal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes. A Constituição do Estado de São Paulo, por sua vez, dispõe sobre a obrigatoriedade de planos diretores para todos os municípios, considerando-se a totalidade do seu território. Na elaboração do Plano Diretor, é preciso considerar as relações entre o homem, a sociedade, e o meio: o homem, em seus aspectos históricos, valores e costumes; a sociedade, caracterizada de acordo com sua organização e estágio de desenvolvimento nas relações político-econômicas; e o meio em seus aspectos físicos e biológicos.
- **Lei de Uso e Ocupação do Solo**: de competência exclusiva do município por tratar de matéria de interesse local, é o instrumento obrigatório de controle do uso da terra, da densidade populacional, da localização, finalidade, dimensão e volume das construções, com o objetivo de atender à função social da propriedade e da cidade.
- **Lei de Parcelamento do Solo Urbano e Rural**: o parcelamento do solo urbano e rural é disciplinado por legislação federal que dispõe sobre normas gerais, sendo que leis estaduais e municipais podem, em casos específicos, estabelecer legislação complementar.
- **Código de Obras**: é um instrumento que disciplina as edificações, com o fim de preservar as condições mínimas de higiene, saúde e segurança.
- **Código de Posturas**: é um instrumento para regular a utilização de espaços públicos ou de uso coletivo, no que concerne ao comportamento do homem na sociedade.
- **Código Tributário**: instrumento para regular os tributos de competência municipal, podendo prever a concessão de incentivos, como, por exemplo, isenção parcial ou total do ISS, para estimular, em forma de compensação, a conservação ambiental, a preservação de bens de interesse cultural, histórico e ecológico, e programas de educação ambiental, de conservação de energia e de uso sustentado dos recursos naturais, incluindo, neste caso, a mineração.

Dos instrumentos acima referenciados, são considerados como mais apropriados para inserir os programas e projetos referentes à gestão dos recursos minerais, o Plano Diretor Municipal e a Lei de Uso e Ocupação do Solo.

4.2.3 Inserção da Mineração no Plano Diretor Municipal e na Lei de Uso e Ocupação do Solo

O Plano Diretor Municipal e a Lei de Uso e Ocupação do Solo devem ter a sua elaboração baseada, fundamentalmente, no conhecimento do meio físico e do ambiente socioeconômico envolvido. Esses instrumentos legais, em consonância com a Lei Orgânica do Município, constituem importante ferramenta para a

consecução do planejamento público local, possibilitando fomentar, avaliar e obter a melhor compatibilização do exercício e dos benefícios das atividades da livre iniciativa, e dos serviços e ações de Governo, em suas diversas instâncias, com as necessidades e vocações relativas ao território municipal.

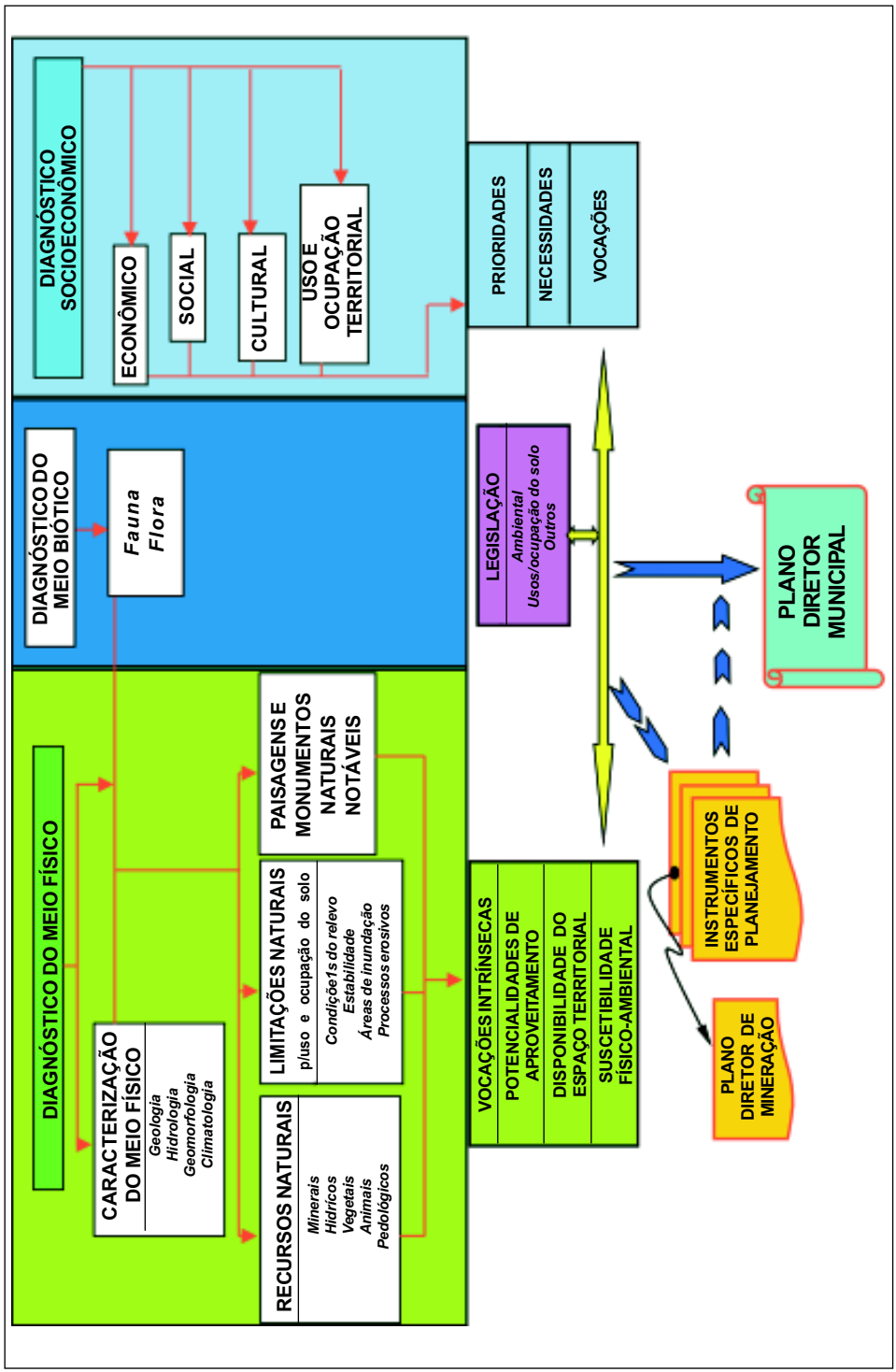
No contexto do Plano Diretor, os recursos minerais e a atividade de mineração devem entrar como componentes intrínsecos, que precisam ser conhecidos e integrados no planejamento público municipal.

Para tanto, deve-se considerar uma das importantes particularidades dos recursos minerais e, conseqüentemente, da atividade extrativa mineral associada, que é a sua rigidez locacional. Atividades como o comércio e outros segmentos industriais gozam de certa liberdade quanto aos locais de sua instalação, e podem ser remanejados, caso isto seja conveniente, enquanto a mineração tem uma dependência definitiva dos condicionamentos geológicos, de modo que só pode ser desenvolvida exatamente nos locais onde a natureza gerou os recursos minerais.

No planejamento para organização setorial e aproveitamento qualificado dos recursos minerais, devem ser levadas em conta as características peculiares que o município apresenta, em termos de meio físico, inserção geopolítica no Estado, vocações naturais ou implantadas e características socioeconômicas, na medida em que estes fatores são fortes condicionantes para o tipo e a natureza das ações que devem ser implementadas, sejam de ordenamento, fomento e apoio tecnológico, restrição ou de fiscalização. A Figura 8 ilustra o roteiro básico e principais componentes de análise na formulação do Plano Diretor Municipal.

Desse modo, três fatores interferem, basicamente, no processo de desenvolvimento da mineração e na correspondente gestão municipal:

- *Potencial mineral*: representando a vocação natural do meio físico para conter ou não determinados tipos de substâncias minerais, abrange todo o patrimônio mineral do município.
- *Situação da atividade produtiva*: traduzindo os empreendimentos efetivamente em operação ou com expectativa de viabilização, bem como as substâncias minerais em produção, configura o cenário sobre o qual serão enfocadas as demandas de gestão e os correspondentes procedimentos em termos técnicos, econômicos, legais e ambientais.
- *Disponibilidade de recursos minerais*: avaliando os condicionantes que interagem na viabilidade da produção mineral, a partir da ponderação de fatores positivos (potencial mineral, produções minerais em vias ou já estabelecidas, demandas de consumo dos setores industriais locais ou regionais, entre outros) e fatores competidores e conflitantes (outras formas socioeconômicas de uso e ocupação do solo e restrições ambientais), devidamente pactuados com as expectativas da coletividade do município.



Elaboração: Oswaldo Riuma Obata.

Figura 8 - Parâmetros para composição do Plano Diretor Municipal

A estrutura para inserção da mineração nos instrumentos básicos de planejamento municipal deverá conter, entre outros:

a) a definição do conjunto de diretrizes básicas, técnicas e administrativas, para planejamento, desenvolvimento, gerenciamento e monitoramento da atividade de mineração;
b) a compartimentação do meio físico no Plano Diretor ou mais especificada na Lei de Uso e Ocupação do Solo deverá qualificar áreas ou zonas potencialmente aptas e não aptas ao desenvolvimento de determinados tipos de atividade de mineração, com fundamento na análise integrada dos aspectos geológicos, geotécnicos, ambientais e socioeconômicos;
c) para as áreas qualificadas para a mineração, o zoneamento territorial deverá incluir a definição dos parâmetros básicos dos projetos mineiros, de controle ambiental e indicação de uso futuro das áreas mineradas, de acordo com as aptidões e restrições mínero-ambientais das zonas consignadas e em consonância com os planejamentos municipais; e
d) a depender das características do setor mineral no município, podem ser incluídos programas e projetos específicos de natureza técnica, gerencial e legal para disciplinamento e aprimoramento tecnológico dos empreendimentos instalados, em especial da pequena mineração e das indústrias de transformação agregadas (de forma a otimizar o processo produtivo e minimizar os impactos ambientais associados), resolução de conflitos entre minas e outras formas de ocupação, entre outros.

4.2.4 Termos de Referência para Programas e Projetos de Mineração

A realização de um programa que qualifique a mineração no planejamento territorial do município deve considerar um conjunto de referências, abrangendo:

- *Inventários e Mapeamentos;*
- *Diagnóstico Técnico-econômico do Setor Mineral; e*
- *Estabelecimento do Zoneamento Minerário.*

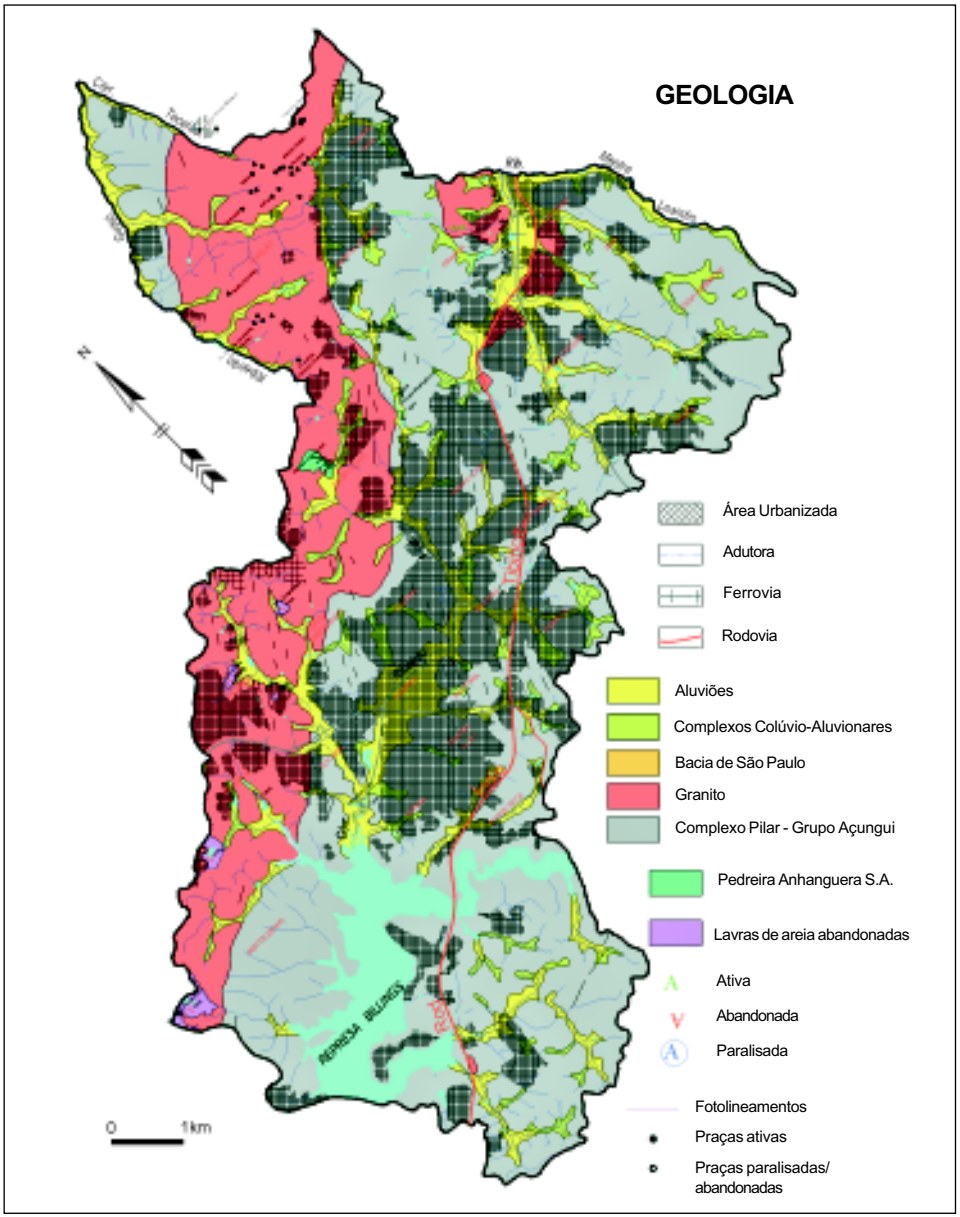
4.2.4.1 Inventários e Mapeamentos

A) Caracterização do Meio Físico e Infra-Estrutura

Trata-se da primeira atividade técnica na qual serão levantadas e analisadas informações gerais sobre o meio físico e a infra-estrutura do território municipal.

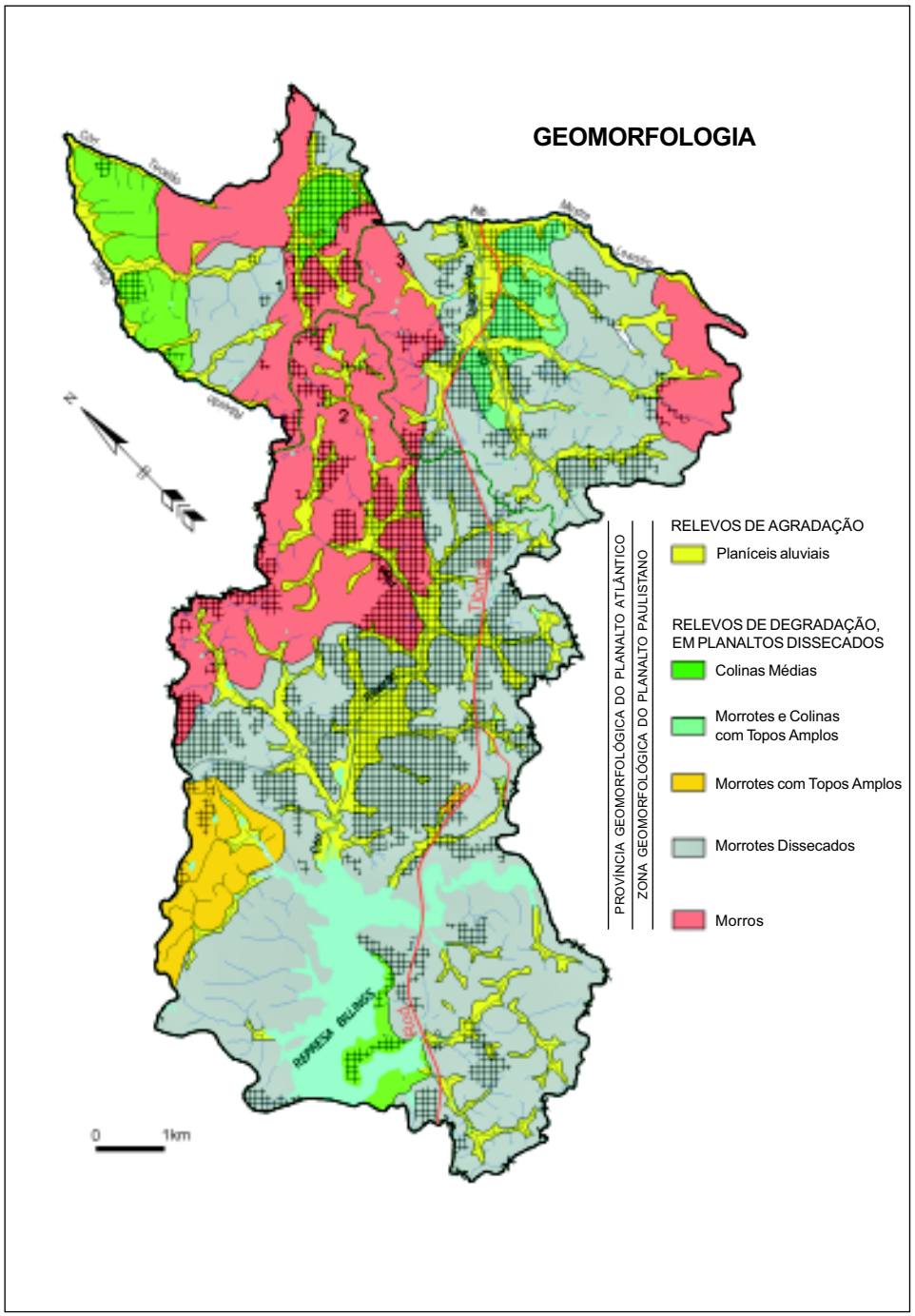
Sobre o meio físico, deverão ser obtidas informações dos principais fatores que condicionam o aproveitamento dos recursos minerais, entre eles, geologia, geomorfologia, pedologia, hidrogeologia e geotecnia. Complementarmente, devem ser levantados dados infra-estruturais do município, tais como transporte e matriz energética.

O produto principal é obtenção de mapas temáticos, que servirão de base para o planejamento territorial da mineração (Figuras 9 a 12). Para tanto, os trabalhos incluem a compilação de informações disponíveis, sendo completados por trabalhos de campo.



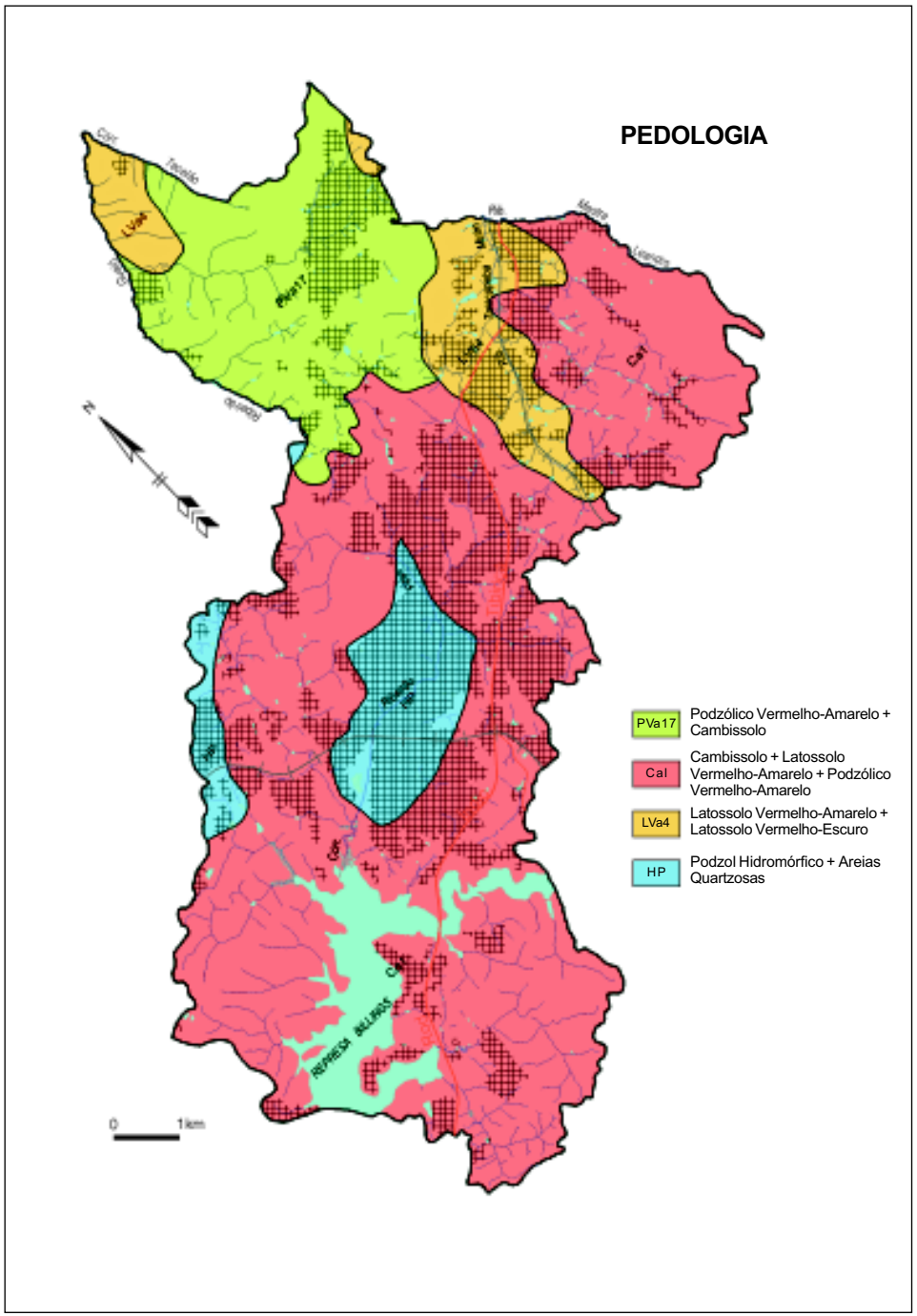
Fonte: IPT (2000a).

Figura 9 - Mapas temáticos do meio físico (geologia): exemplo do município de Ribeirão Pires-SP



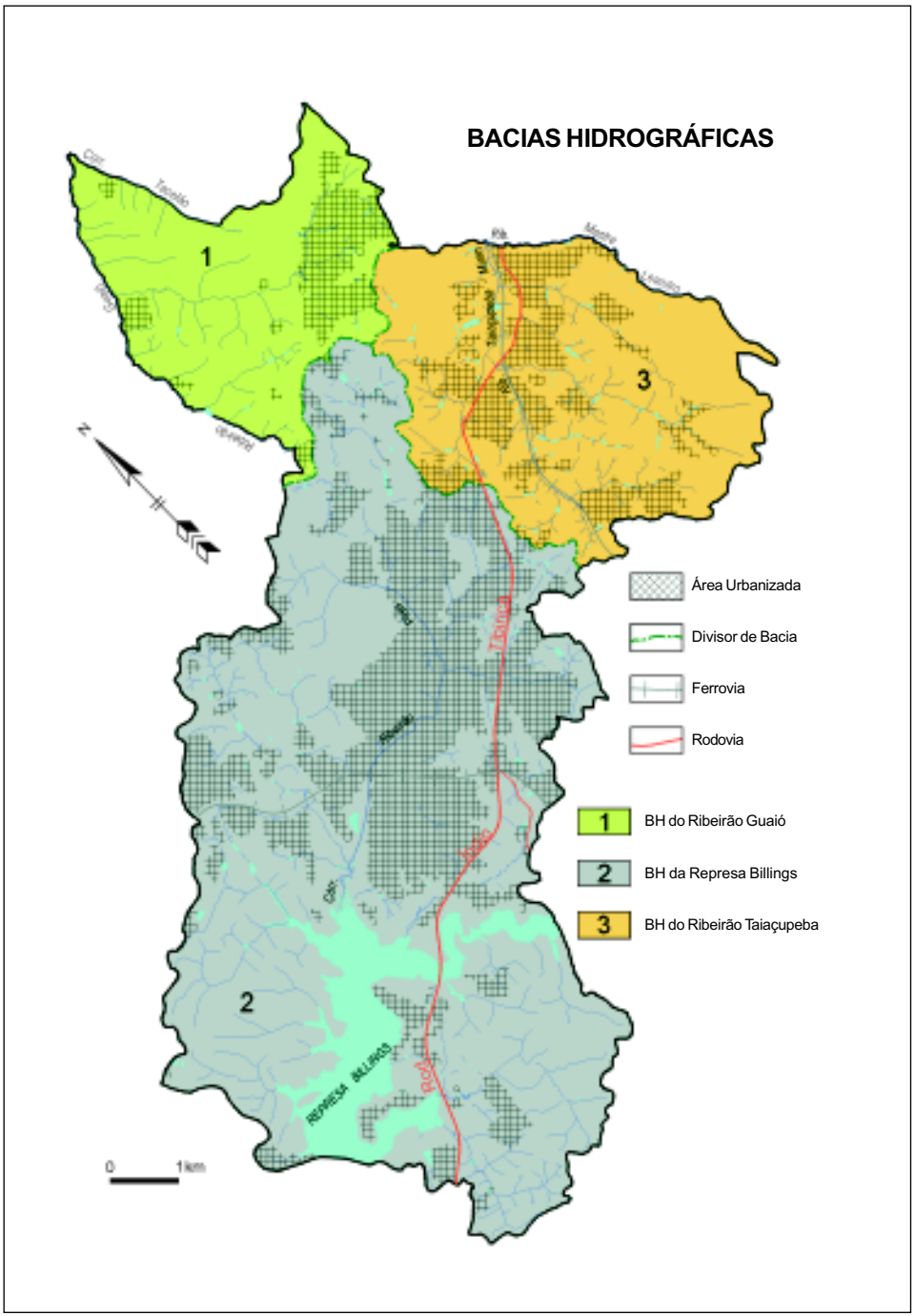
Fonte: IPT (2000a).

Figura 10 - Mapas temáticos do meio físico (geomorfologia): exemplo do município de Ribeirão Pires-SP



Fonte: IPT (2000a).

Figura 11 - Mapas temáticos do meio físico (pedologia): exemplo do município de Ribeirão Pires-SP



Fonte: IPT (2000a).

Figura 12 - Mapas temáticos do meio físico (bacias hidrográficas): exemplo do município de Ribeirão Pires-SP

A escala de representação cartográfica é influenciada pela complexidade das informações a serem apresentadas e pelo grau de detalhamento com que se pretende evidenciar determinados aspectos de interesse. Para as cartas básicas, escalas aproximadas entre 1:50.000 e 25.000 são plenamente satisfatórias. Escalas maiores (por exemplo: 1:10.000) podem ser adotadas em áreas específicas onde se exijam ações de planejamento mais detalhadas - casos da delimitação de áreas com reservas minerais consideradas mais relevantes ou com ocorrência de situações conflituosas da mineração com outras formas de uso e ocupação do solo.

O uso de procedimentos informatizados na elaboração das cartas temáticas facilita o armazenamento e o tratamento dos dados, obtendo-se representações cartográficas visualmente satisfatórias, rapidez na sua reprodução e divulgação, além de permitir a atualização continuada dos produtos, a partir de novas informações a serem incorporadas.

A automação desses produtos não deve se limitar à representação cartográfica. Uma das ferramentas importantes no processamento de dados digitais refere-se ao uso de Sistemas de Informações Geográficas - SIG. Modalidades de programas de geoprocessamento do tipo SIG constituem-se em base de dados relacionados a um posicionamento na superfície terrestre, associados a um sistema de coordenadas, como latitude e longitude, e que pode ser geocodificado (Freitas, 2000).

A tecnologia de cartografia digital, associada a uma estrutura de SIG, possibilita a manipulação dos dados em diversas escalas, a geração de modelos digitais de terreno e o cruzamento de informações espaciais para a obtenção de produtos derivados, o que é particularmente útil no estabelecimento do zoneamento minerário e no tratamento das questões ambientais e de conflitos com outras formas de uso do solo.

Informações gerais e cartas temáticas do meio físico podem ser obtidas em uma série de órgãos públicos, entre eles: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, DNPM, centros de pesquisa e universidades. No caso de São Paulo, organismos que dispõem de acervos permanentes para consulta são: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Secretaria da Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento Econômico e Turismo - SCTDET), Instituto Geológico (Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA) e institutos relacionados às Ciências da Terra, das universidades estaduais IG/USP, IGCE-Unesp/Rio Claro e IG/Unicamp.

B) Zoneamento Institucional

No Zoneamento Institucional, são compilados os documentos, com recobrimento no território do município, que versam sobre o parcelamento do uso do solo. Compreende o inventário da legislação ambiental, unidades de conservação (de âmbito federal e estadual) e áreas correlatas de proteção especial de âmbito municipal já existentes, dispostas mediante planos diretores, zoneamentos de uso e ocupação do solo, entre outros.

Essas informações são integradas na Carta de Zoneamento Institucional, que constitui uma das bases para a formulação do Zoneamento Minerário, no qual as áreas destinadas à produção mineral deverão estar plenamente compatibilizadas com as demais regulamentações de uso e ocupação do meio físico instituídas para o município.

C) Diagnóstico de Uso e Ocupação do Solo

Abrange o levantamento e a atualização de informações sobre a situação de uso e ocupação do solo, discriminando áreas de cobertura vegetal nativa e as ocupadas por atividades agrícolas, pastagens, áreas urbanas e industriais, etc.

Os levantamentos incluem, basicamente, a análise de sensores remotos, tais como imagens digitais de satélites, com seleção de bandas que forneçam respostas que melhor reflitam as diversas modalidades de ocupação superficial dos terrenos. Um dos sensores mais utilizados é o Satélite Landsat 7 - Sensor TM, nas bandas 3, 4 e 5.

Após a interpretação das imagens, é feita a digitalização das informações, produzindo-se uma carta preliminar. A carta definitiva, em escala compatível com os demais mapas do meio físico pré-elaborados, é finalizada a partir de trabalhos de campo para verificação das categorias de uso e ocupação e dos limites das respectivas glebas (Figura 13).

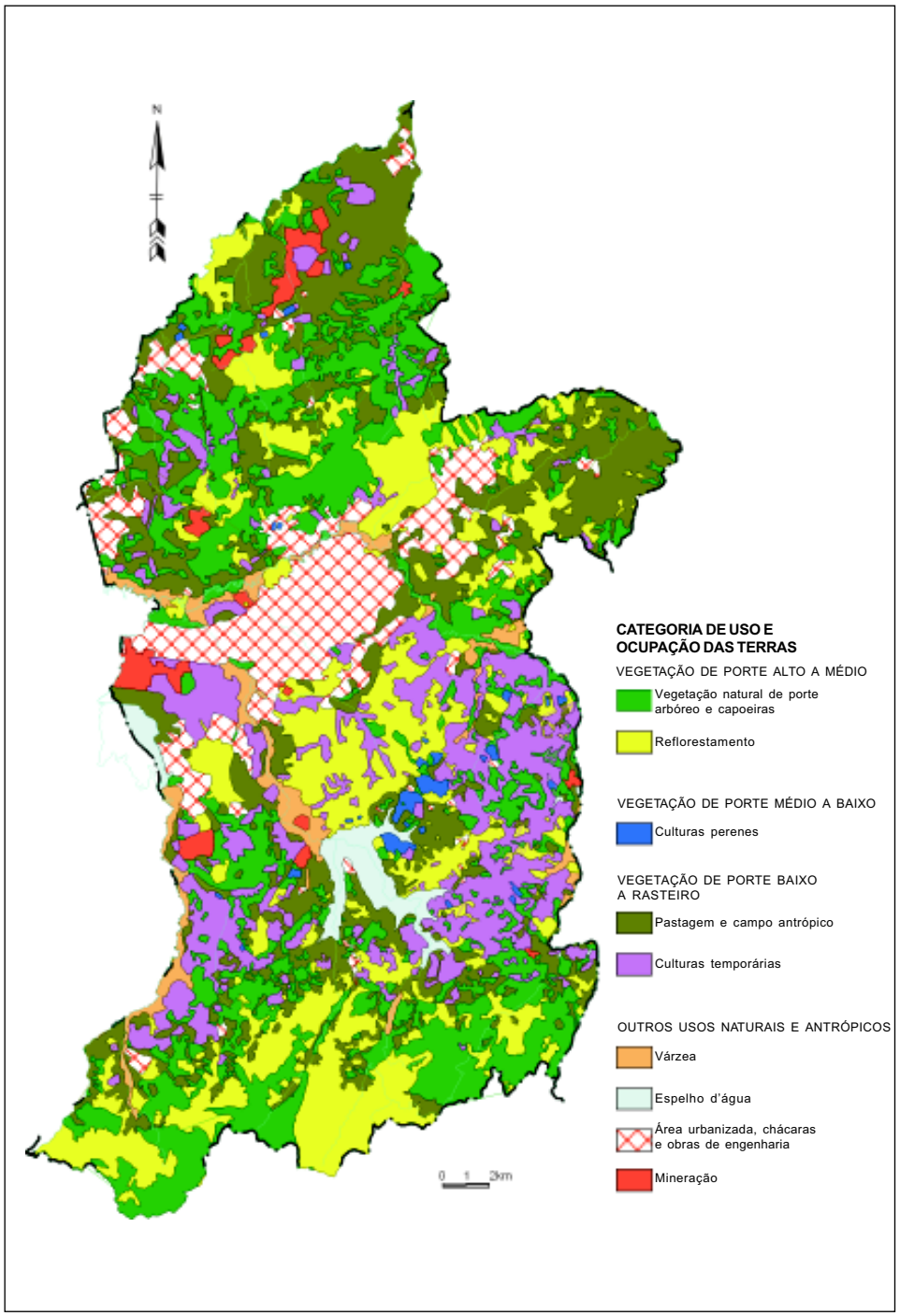
D) Potencial Geológico para Recursos Minerais

O conhecimento geológico do território municipal, em termos de sua dotação para abrigar, potencialmente, recursos minerais de interesse econômico, constitui um dos componentes fundamentais na formulação das bases de uma política setorial.

O seu processo de obtenção envolve aspectos de desenvolvimento e aplicação de técnicas e tecnologias bastante especializadas, mormente nas áreas de geologia econômica e economia mineral.

Para o conhecimento da dotação mineral no município, alguns procedimentos básicos são indicados a seguir:

- levantamento dos recursos identificados: caracterização quantiqualitativa das reservas de depósitos minerais conhecidos, relacionados ou não a empreendimentos em operação; e
- levantamento do potencial de novos depósitos minerais: análise prospectiva levando-se em conta, basicamente, ocorrências minerais cadastradas e não avaliadas e a própria natureza dos terrenos geológicos do município, para os quais, em face de seus padrões metalogenéticos, podem ser inferidas novas possibilidades de mineralizações. Na aferição desta potencialidade, pode-se incluir campanhas de campo, amostragens de minérios e análises laboratoriais para caracterização qualitativa (físico-química e tecnológica) dos insumos minerais.



Fonte: IPT (2003).

Figura 13 - Carta de uso e ocupação do solo: exemplo do município de Mogi das Cruzes-SP

As informações do potencial mineral do município são consubstanciadas na carta previsional de recursos minerais. Neste documento técnico, representado em escala e formato digital compatíveis com os demais mapas do meio físico, deverão ser assinaladas áreas com presença de depósitos minerais e as principais áreas favoráveis a novas ocorrências de jazidas minerais. Este produto, além de subsidiar as ações de planejamento territorial do poder público, constitui base importante para novos investimentos do setor empresarial na mineração (Figura 14).

Especial atenção deve ser dada aos bens minerais de consumo doméstico, materiais para construção civil – areia, brita, rochas para cantaria e materiais de empréstimo –, argilas para fins cerâmicos e calcário para fins corretivos. São substâncias de baixo valor agregado, para os quais os custos de transporte têm grande influência no preço do insumo e, conseqüentemente, na viabilidade da implantação de empreendimentos. A possibilidade de contar-se com a produção destes insumos no município pode se traduzir em reflexos econômicos positivos que ultrapassam os interesses restritos do setor mineral, com benefícios diretos para agricultura, indústria de construção e a própria manutenção e melhoria da infra-estrutura pública, viária e de serviços.

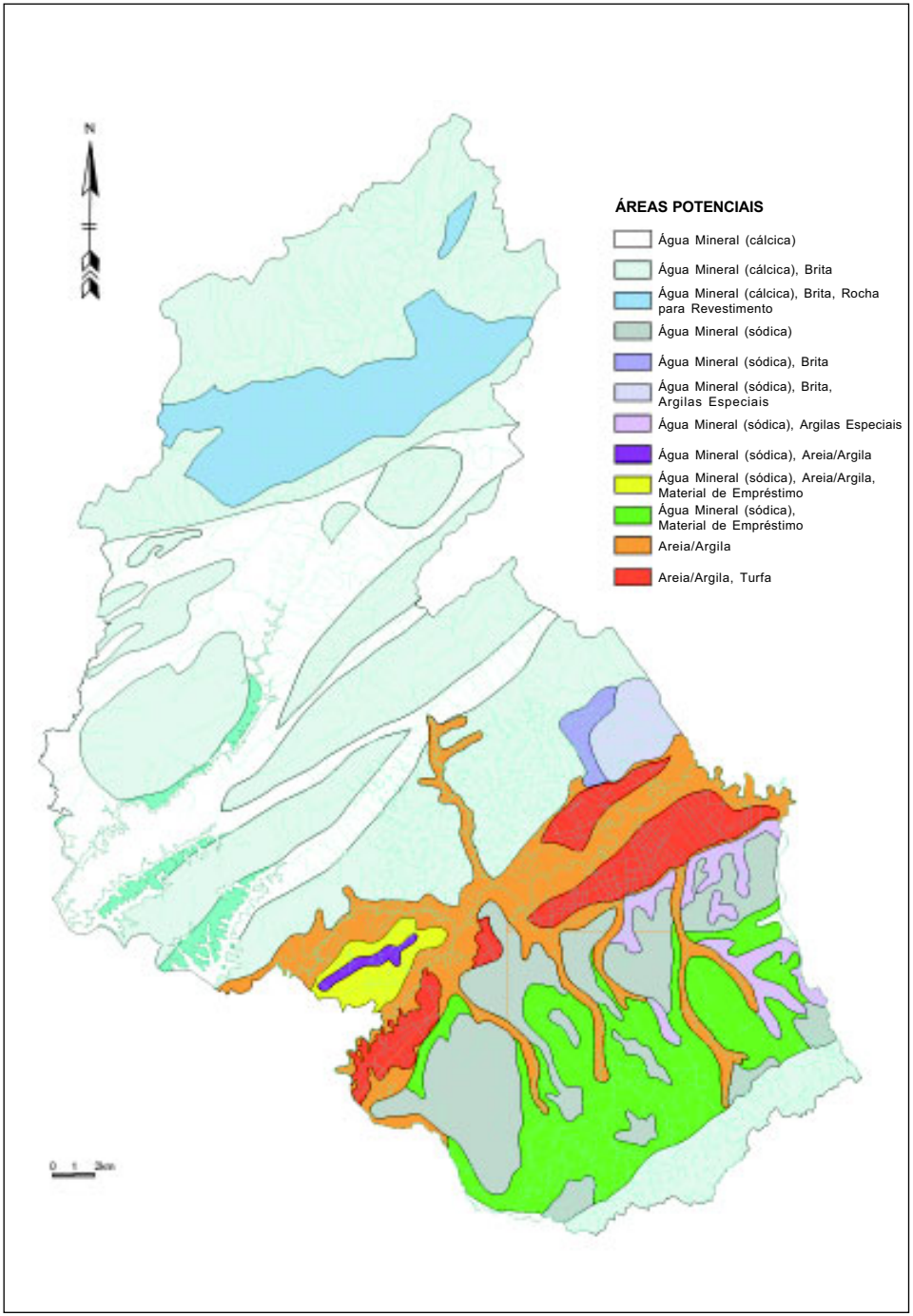
E) Paisagens e Monumentos Naturais Notáveis

Nessa fase de inventário, devem ser cadastradas as feições paisagísticas exuberantes e os monumentos geológicos, tais como:

- feições geomórficas notáveis, como serras, escarpas rochosas, cavernas e quedas d'água;
- formações e monumentos geológicos de interesse cultural - registros de episódios pretéritos glaciais, mares, desertos, vulcões, crateras de impacto de meteoritos, entre outros;
- sítios arqueológicos e sítios paleontológicos; e
- recursos geoambientais, tais como lagos e represas.

Estas feições físico-ambientais configuram-se como importantes patrimônios naturais, tornando-os componentes importantes no planejamento territorial do município, já que a sua importância decorre do uso sustentável de seu potencial como recurso natural, devidamente adequado à conservação do meio ambiente, em detrimento a eventuais usos como fontes de bens minerais. Por outro lado, além da notória vocação turística das paisagens exuberantes, a identificação e interpretação de monumentos geológicos, bem como a difusão de seus respectivos significados – noções básicas de gênese, evolução e contextualização na história da Terra –, podem se traduzir em benefícios econômicos e sociais para os municípios e a região onde estão inseridos, a partir do momento que esses atrativos passam a ser tratados também como patrimônio turístico.

Exemplos pioneiros, em São Paulo, de iniciativas do setor público municipal de disseminação de conhecimentos dos recursos geoambientais, foram a implantação dos parques da *Rocha Moutonnée* e do *Varvito,* nos municípios de Salto e Itu, respectivamente.



Fonte: IPT (2002).

Figura 14 - Carta previsional para recursos minerais no município de São José dos Campos-SP

Esses projetos partem da criação de áreas onde a organização de informações sobre os monumentos estão associadas a uma recomposição paisagística e à implantação de infra-estruturas de lazer. Conseqüentemente, essa valorização do patrimônio geológico, harmoniosamente agregada a outros atrativos, de lazer, esportivo e cultural, além de conceber espaços apropriados à difusão de conhecimentos e à educação geoambiental, constitui fator de estímulo à dinamização do turismo local e regional. Também representam uma forma exemplar de reabilitação de áreas degradadas pela mineração, como, por exemplo, dos parques dos municípios de Salto e Itu.

Esse mesmo tipo de caracterização e valorização do patrimônio geológico pode ser concebido e adotado para áreas ambientalmente intactas, que ocorrem no município.

F) Suscetibilidade do Meio Físico e Biótico

A implantação de minerações, como qualquer outro empreendimento de porte, interfere na morfologia do terreno e nos processos naturais do meio físico, o que faz com que o conhecimento básico da dinâmica superficial na região do município seja um dos condicionantes na seleção de áreas apropriadas à instalação das minas, bem como na definição das diretrizes técnico-operacionais de seu funcionamento.

Os principais processos que devem ser identificados, integrando uma Carta Geotécnica, que sirva de referência à vulnerabilidade do meio ambiente ante os impactos possíveis da instalação de minerações são: erosão e assoreamento, escorregamentos, inundações, comportamento do lençol freático, propagação de vibrações, circulação de partículas sólidas e gases na atmosfera, e instabilidade de terrenos associados a relevo cárstico.

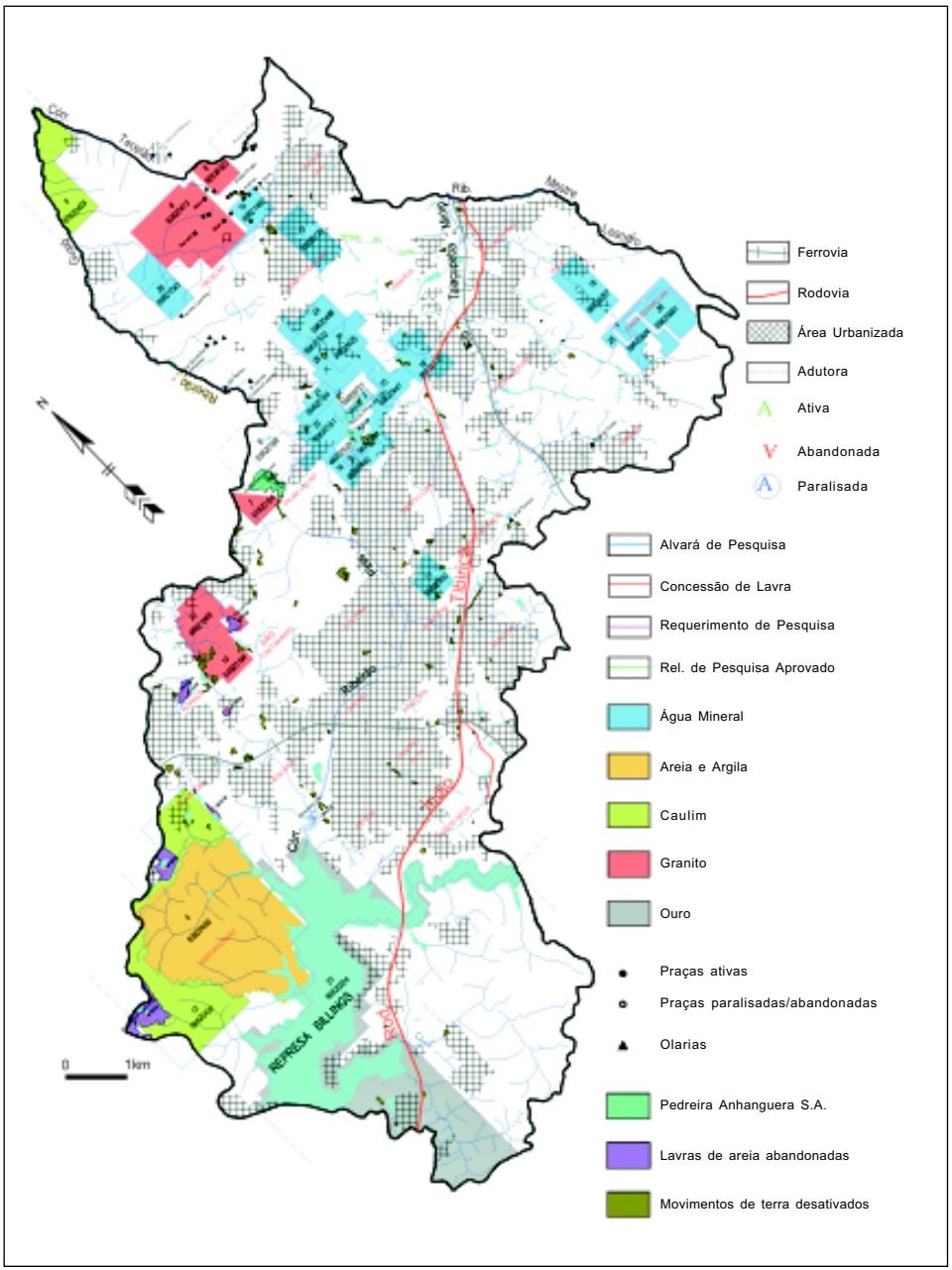
4.2.4.2 Diagnóstico Técnico-econômico do Setor Mineral

Abrange a caracterização técnica, econômica e legal do setor mineral no município, sua relação com as cadeias produtivas agregadas e demais vocações econômicas instaladas, no contexto local e regional.

Para tanto, os estudos devem estar orientados a duas atividades, assim discriminadas:

- levantamento de dados sobre perfil socioeconômico da região, com maior detalhamento do setor mineral: estimativa do consumo atual e previsão de demanda futura de insumos minerais no município; inserção da mineração local no contexto geoeconômico regional; grau de verticalização da indústria mineral; fluxo de insumos minerais e produtos manufaturados; e tipo de cooperação entre produtores e demais elos da cadeia produtiva; e
- levantamento da situação técnica, legal e ambiental das atividades de mineração instaladas: dados de produção; áreas ocupadas; tributação e empregos gerados; situação legal – discriminação das áreas de concessão, licenciamento, alvarás e requerimentos; método de lavra e beneficiamento de minérios; procedimentos gerenciais; e impactos ambientais significativos.

A Figura 15 mostra, como exemplo, o mapa de controle de títulos minerários do município de Ribeirão Pires-SP, como um dos produtos típicos destes estudos.



Fonte: IPT (2000a).

Figura 15 - Mapa de controle de títulos minerários: exemplo do município de Ribeirão Pires-SP

4.2.4.3 Estabelecimento de Zoneamento Minerário

A integração e análise dos produtos dos estudos anteriores conduzem à configuração de áreas mais, ou menos, apropriadas para o desenvolvimento da mineração.

O estabelecimento dessas áreas tem por referência a compatibilização do aproveitamento dos recursos minerais, com as limitações de caráter ambiental – áreas recobertas por legislações restritivas à mineração, suscetibilidades do meio físico e biótico, áreas com paisagens e monumentos naturais notáveis, e com as outras formas de uso e ocupação do solo, regulamentadas por lei e/ou de interesse da municipalidade.

O parcelamento territorial deve obedecer a um escalonamento, de acordo com a vulnerabilidade e limitações ante a atividade extrativa mineral. O número de modalidade de zonas depende do grau de interesse do poder público municipal quanto ao detalhamento pretendido. De modo ilustrativo, são indicados três tipos de zonas:

- ➔ **Zonas Preferenciais para Mineração - ZPMs**: agrupa áreas mais adequadas ao desenvolvimento da mineração, em função de sua compatibilidade técnica, socioeconômica e ambiental.
- ➔ **Zonas Controladas para Mineração - ZCMs**: abrange áreas mais suscetíveis e limitadas à produção mineral, com maior controle dos empreendimentos e imposições de maiores limitações.
- ➔ **Zonas Bloqueadas para Mineração - ZBMs**: reúne áreas onde, em face das restrições ambientais ou de ocupação, não é permitida a mineração.

Para cada uma das zonas discriminadas, deverão ser também estabelecidos os principiais procedimentos e parâmetros gerais de controle de empreendimentos mineiros: técnicas de extração de minérios, porte e número de frentes de lavra, escala de produção, forma de controle e recuperação ambiental, e uso futuro das áreas.

4.2.5 Plano Diretor Municipal de Mineração

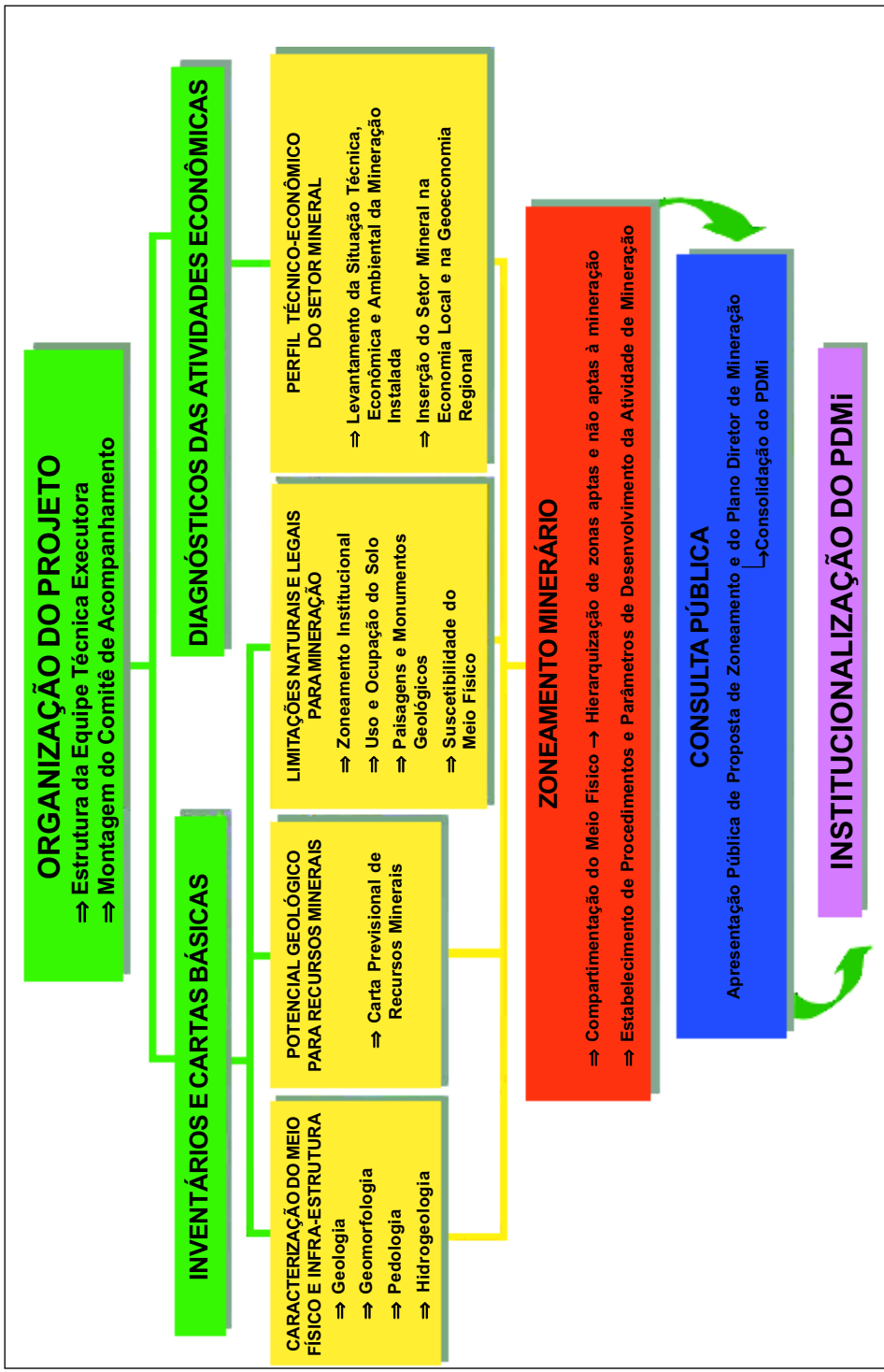
Alguns municípios, dadas as suas características e necessidades, eventualmente deverão merecer um tratamento mais específico quanto ao seu planejamento, mediante a elaboração de um Plano Diretor de Mineração - PDMi.

Este instrumento, devidamente articulado com o Plano Diretor Municipal, nada mais é do que um detalhamento dos elementos de influência na mineração abordados no item anterior, constituindo um plano particularizado de gestão setorial.

Para sua formulação, devem estar presentes os fatores já explicitados, porém de forma mais completa e dirigida, estruturados segundo o esquema proposto na Figura 16.

Dois aspectos devem orientar a organização do projeto para elaboração do PDMi:

- qualificação da equipe executora; e



Elaboração: Marsis Cabral Júnior.

Figura 16 - Proposta de roteiro e principais componentes de análise na formulação de Plano Diretor de Mineração - PDMi

- articulação com os principais atores envolvidos no setor mineral do município (incluindo órgãos federais e estaduais).

Quanto à equipe executora, deve-se levar em conta a multidisciplinaridade dos conhecimentos técnicos, administrativos e legais envolvidos na formulação do PDMi. Uma equipe qualificada deve contar, basicamente, com profissionais das áreas de geociências (geologia e geografia), engenharia mineral e socioeconomia. A depender das especificidades locais, outros profissionais podem ser envolvidos, como especialistas nas áreas do meio biótico e legislação.

Outro aspecto importante (para que o PDMi se traduza em um documento objetivo e realista) sobre as diretrizes e as bases técnicas de gestão e desenvolvimento do setor mineral na região, é o envolvimento dos interessados públicos e privados no processo de sua formulação. Esse acompanhamento pode ser feito com a criação de um comitê, congregando entidades empresariais, órgãos públicos – municipais, estaduais e federais –, que devem interagir no ordenamento do setor mineral, e representações do chamado terceiro setor (Organizações Não-Governamentais – ONGs, entidades profissionais, entre outros).

Como interessado privado tem-se as representações empresariais - sindicatos, associações ou cooperativas de mineradores, em especial as de âmbito municipal. No caso de não haver entidade representativa formalmente constituída, é indicada a criação de um grupo de acompanhamento dos trabalhos pelo setor empresarial.

Além da incorporação de técnicos da prefeitura, entre os diversos órgãos públicos que devem interagir no processo de montagem do PDMi, é recomendado contar, pelo menos, com os seguintes organismos:

- Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, do Ministério de Minas e Energia, no sentido de facilitar o acesso a informações do seu arquivo oficial e para estabelecimentos de eventuais procedimentos e protocolos envolvendo o setor mineral e órgãos públicos, no âmbito do Plano Diretor; e
- organismos/secretarias de Estado: entidades responsáveis pelas políticas estaduais referentes à exploração dos recursos minerais, ao desenvolvimento econômico e ao meio ambiente. Isto decorre da necessidade de compatibilização do PDMi a planos de desenvolvimento regional e a procedimentos de licenciamento ambiental de projetos minerários pelo Governo Estadual. No caso paulista, essas competências estão relacionadas, respectivamente, à Secretaria de Energia - SEE, Secretaria da Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento Econômico e Turismo - SCTDET e Secretaria do Meio Ambiente - SMA.

O Plano Diretor de Mineração, consolidado pela incorporação das contribuições advindas da consulta pública, deve ser institucionalizado por meio de lei específica ou como item do Plano Diretor Municipal, integrando seus dispositivos de regulamentação, ordenamento e desenvolvimento setorial na legislação municipal.

PARTE II

Métodos de Mineração e Recuperação Ambiental

CAPÍTULO 5

Métodos de Mineração

5.1 ASPECTOS FUNDAMENTAIS: PLANEJAMENTO E CONTROLE OPERACIONAL EM MINERAÇÃO

A diversidade dos empreendimentos de mineração é muito ampla em termos de escala produtiva, variedade dos bens minerais minerados e dos métodos de mineração aplicados; contudo, há aspectos comuns que precisam ser lembrados na condução satisfatória do desenvolvimento da mina. Antes mesmo do início das atividades, todo empreendimento requer um Projeto de Mineração, no qual são delineados os estudos de quantificação e distribuição espacial das jazidas, métodos de lavra e beneficiamento a serem implementados, equipamentos, evolução temporal da mina, escalas de produção previstas, viabilidade econômica, redução dos impactos ambientais negativos, implantação da infra-estrutura, sistemas de apoio, entre outros. Nesta fase de pré-operação, são estabelecidos todos os parâmetros fundamentais que orientarão as atividades da mineração durante toda sua vida útil.

Na fase de operação propriamente dita, é importante reavaliar sistematicamente as premissas estabelecidas, à luz de novas informações que possam subsidiar tomadas de decisão e melhorar o desempenho do ciclo produtivo nas suas diferentes dimensões (econômica, técnica e ambiental). Desta maneira, torna-se mais eficaz o estabelecimento dos mecanismos de controle das ações reais que garantam, na prática diária, todas as expectativas constantes do projeto, inclusive aquelas que dizem respeito à desativação do empreendimento por ocasião do fechamento da mina.

Em síntese, a partir dos primeiros procedimentos correspondentes à abertura inicial da mina, até o seu fechamento no momento da exaustão das reservas, a preocupação com o controle operacional deve fazer-se presente em todo o ciclo de produção (operações principais e auxiliares). O projeto orienta o seu desenvolvimento e o gerenciamento re-quer vínculos efetivos entre aquilo que é planejado e o controle contínuo das ações. O planejamento e o controle no desenvolvimento da mina mantêm as condições propícias para otimização do processo produtivo, garantia do retorno financeiro, manutenção e me-lhoria da qualidade dos produtos e atendimento das condicionantes e necessidades de natureza ambiental; neste quesito, destacam-se a redução e controle dos impactos, bem como a recuperação e preparação da área minerada para seu aproveitamento futu-ro. Por estes motivos, é imprescindível, conforme exigência da própria legislação vigente, que todas as operações de mineração estejam sob responsabilidade de profissionais legalmente habilitados.

5.2 PRINCIPAIS MÉTODOS DE MINERAÇÃO

O desenvolvimento de uma mina compreende um conjunto de operações unitárias, interligadas em seqüência temporal, para lavrar e tratar o minério. Este conjunto compõe o Ciclo Básico de Produção - CBP, cujas funções principais são a de retirar o material da situação original, movimentá-lo na área operacional e adequá-lo ao uso por meio de processos de fragmentação, peneiramento, secagem, separação de materiais indesejáveis para aumentar a concentração do minério, entre outros. As minas costumam ser diferenciadas de acordo com o local do desenvolvimento das suas operações de lavra: em Minas a Céu Aberto - MCA, quando este desenvolvimento ocorre totalmente em superfície, e em Minas Subterrâneas - MS, quando é abaixo da superfície. A escolha entre ambos é influenciada por condicionantes de natureza física da jazida, como a sua distribuição espacial e propriedades mecânicas, em associação com parâmetros de natureza econômica (investimentos e custos), podendo ainda envolver considerações de ordem técnica relativas à disponibilidade de equipamentos, escalas de produção, estabilidade, segurança e condições ambientais.

Nas MCA, os métodos representativos das lavras são caracterizados pela forma de avanço ou equipamentos típicos, tais como lavras de encosta, com formação de cavas secas ou submersas, por tiras, dragagens, desmontes hidráulicos, lavra de maciço ou em matacão no caso das rochas ornamentais. O mesmo ocorre nas MS, onde se encontram os métodos de pilar e salão, corte e aterro, salões longos, etc. Cada método possui peculiaridades próprias quanto às operações que compõem o processo produtivo. Outro aspecto diferencial relevante é o fator dimensional das escalas de produção. Há minerações de grande porte, em que se movimentam milhões de toneladas de minério por ano, utilizando máquinas gigantescas de alta produtividade, tecnologia avançada, contingente numeroso de pessoal e abrangendo áreas de grande extensão. Por outro lado, é comum encontrar minas em operação de porte muito reduzido, cujas atividades são restritas apenas a dois ou três homens que trabalham com o auxílio de ferramentas manuais simples. Fica assim evidente a dificuldade de uma abordagem simplificada que represente situações tão diferenciadas, tendo em vista ainda a complexidade e a diversificação das técnicas aplicadas em mineração.

O campo de abordagem deste Capítulo encontra-se restrito aos fundamentos mais essenciais, relativos às técnicas de mineração usualmente praticadas na maioria dos municípios paulistas. Seu conteúdo está dirigido às MCA de pequeno a médio porte, que normalmente produzem minérios de uso industrial ou para a construção civil, e correspondem às situações prevalecentes no Estado.

Sob o ponto de vista do princípio utilizado na desagregação dos minerais de interesse, os principais métodos de lavra enquadram-se predominantemente em três grandes grupos, que dependem da situação em que o minério se encontra na natureza, das operações subseqüentes requeridas (a seco ou a úmido), bem como da dificuldade crescente de extração (de 1 para 3, respectivamente):

➔ Grupo 1 - lavras que utilizam a ação da água como elemento desagregador sobre os minerais dispostos em camadas de sedimentos ou mantos de alteração.

➔ Grupo 2 - lavras por escavação mecânica a seco do material *in situ,* aplicada nas rochas alteradas de fácil desagregação.

➔ Grupo 3 - lavras em maciços rochosos (rochas sãs) que necessitam de perfuração e desmonte da rocha por explosivos.

Embora os princípios típicos de condução da lavra se mantenham uniformes em cada grupo, existe uma grande variação de procedimentos práticos, equipamentos, escalas de produção, insumos utilizados, etc. Quanto às alternativas de tratamento do bem mineral lavrado (costuma-se utilizar também o termo beneficiamento), o quadro de possibilidades é complexo, ou seja, há inúmeras operações que podem ser praticadas dependendo de cada caso em particular.

Algumas características dos grupos de minerações aqui considerados indicam que:

a) as lavras do Grupo 1, conhecidas por desmonte hidráulico, utilizam prioritariamente uma primeira operação de jateamento de água sob alta pressão na frente de lavra que se desenvolve ao longo das superfícies nas encostas dos morros ou no interior de cavas secas. Outra vertente corresponde à lavra por dragagem em leitos submersos, e consiste da aplicação de sistemas de bombeamento para sucção de polpa formada a partir da camada de sedimentos nos fundos dos rios, lagoas, represas, ou canais. O beneficiamento ou tratamento, em ambos os casos, inclui operações complementares de separação com corte granulométrico por peneiramento (material grosseiro), caixas, tanques ou silos de lavagem e de sedimentação, hidrociclones, e sistemas de bombeamento para transferência de polpa, podendo eventualmente utilizar-se unidades de secagem e de prensagem, e outras operações de concentração nos casos específicos em que o minério requer um tratamento mais aprimorado;

b) as escavações mecânicas, nas lavras do Grupo 2, podem valer-se de diversas máquinas, tais como retroescavadeiras, carregadeiras frontais e equipamentos escarificadores. Vários processos subseqüentes para o beneficiamento são passíveis de aplicação, incluindo os diversos tipos de moagem com redução progressiva das partículas minerais, e algumas vezes britadores de pequeno porte; sistemas de separação do material em duas ou mais faixas de granulometria utilizando peneiras vibratórias inclinadas ou horizontais, ciclones, espirais, etc. Outras operações possíveis são:

desaguamento, secagem, prensagem, separação magnética, eletrostática e outros processos físico-químicos, dependendo da natureza do minério e da sua utilização posterior;

c) as lavras do Grupo 3 requerem técnicas especiais para a perfuração da rocha e cálculos para dimensionamento de um plano de fogo, que irá orientar a quantidade e forma de carregamento dos furos com explosivos e a detonação das cargas visando a primeira fragmentação da rocha. Estas minerações quase sempre incluem uma instalação de britagem em um ou mais estágios para promover a redução progressiva das partículas resultantes do desmonte rochoso. Eventualmente, após as etapas de britagem, alguns minérios em particular podem ser submetidos aos processos operacionais já comentados no Grupo 2, dependendo das necessidades de adequação ao uso. Na maioria das minerações por explosivos (caso das pedreiras), as operações de britagem, intercaladas com sistemas de classificação, são suficientes para obtenção dos produtos na forma final em que são comercializados.

As técnicas utilizadas em mineração são caracterizadas pelo conjunto de operações unitárias que compõe o CBP, sendo interessante abordar alguns detalhes e características mais representativas, tanto sobre a prática das operações, quanto da sua função no processo produtivo.

5.3 OPERAÇÕES UNITÁRIAS CARACTERÍSTICAS

Todo e qualquer procedimento operacional em mineração tem por finalidade a liberação, o enriquecimento ou concentração, o transporte, e outras formas requeridas na adequação do minério. Simultaneamente, há necessidade de manusear, movimentar e dispor os materiais que não possuem valor de mercado, conhecidos como estéril (material normalmente localizado em camadas que recobrem o minério) e rejeitos (resíduos gerados durante o processo produtivo). As condicionantes fundamentais das operações são a economicidade, os impactos ambientais e a qualidade requerida para os produtos minerais. O empreendimento tem como objetivo obter lucro com a atividade, fato que impõe limites aos custos operacionais envolvidos. O cuidado com o meio ambiente, seja na redução dos impactos ambientais ou na recuperação das áreas atingidas, constitui quesito imprescindível na ótica de uma mineração bem conduzida. Já os aspectos de qualidade dos produtos estão vinculados às exigências do mercado consumidor que condicionam a produção.

Uma diferenciação geral das operações unitárias está relacionada às suas finalidades. Se elas contribuem diretamente na produtividade, são consideradas operações unitárias de produção. Já os procedimentos operacionais que apenas dão suporte ao ciclo produtivo são entendidos como operações auxiliares, tendo a função de garantir as condições de segurança, a eficiência das operações unitárias, as vias de acesso para o tráfego das máquinas, o transporte e disposição dos estéreis

e rejeitos, a estabilidade dos taludes, a drenagem das águas superficiais, os cuidados gerais ou específicos com o meio ambiente, entre outros. Ambas são conduzidas de maneira integrada, dentro de uma seqüência lógica de andamento para otimizar o CBP tanto na lavra quanto no tratamento do minério. O Quadro 4 apresenta as atividades que normalmente compõem as operações auxiliares praticadas nas minas.

Cada mineração conduz um conjunto específico de operações que pode ou não se repetir em outros empreendimentos similares. Para ilustrar as modalidades principais, são apresentados e comentados os casos mais típicos dos métodos de lavra e alguns tópicos usuais de beneficiamento.

Quadro 4 - Operações auxiliares de suporte ao ciclo produtivo em mineração

Saúde, Segurança e Controle Ambiental	♦ Controle de ruído e vibrações: explosivos e máquinas ♦ Prevenção de acidentes: armazenamento e manuseio de explosivos, operação e trânsito de máquinas ♦ Estabilização dos taludes em áreas de disposição, barragens, vias de acesso, frentes de lavra, etc. ♦ Controle de tráfego ♦ Proteção do ar: controle de poeira e gases ♦ Controle de processos erosivos ♦ Controle das águas superficiais e de subsuperfície (sistema de drenagem) ♦ Sistema de coleta de esgoto e de lixo
Energia	♦ Garantia do suprimento e distribuição
Águas e Polpas do Processo	♦ Bombeamento, transferência e armazenamento em circuitos abertos ou fechados ♦ Tratamentos corretivos, se necessário
Estéril e Rejeitos	♦ Transporte e disposição
Materiais	♦ Armazenamento e suprimento
Manutenção e Reparos	♦ Oficinas para garantia das demais operações ♦ Lubrificação de máquinas
Iluminação	♦ Trabalhos noturnos
Comunicação	♦ Rádio e telefone
Vias de Acesso	♦ Trafegabilidade
Transporte de Pessoal	♦ Veículos para pessoal
Procedimentos para Recuperação de Áreas	♦ Remoção e manejo do solo orgânico: estocagem, revolvimento e aeração, enriquecimento com nutrientes, etc. ♦ Recuperação das superfícies: preenchimento de cavas, estabilização dos novos relevos, descompactação de camadas de disposição, colocação de solos orgânicos, revegetação de áreas mineradas ou de disposição dos rejeitos e estéril ♦ Outros procedimentos complementares visando preparar a área para novos usos pós-mineração

Fonte: Hartman (1987), modificado.

5.4 MÉTODOS DE LAVRA PELA AÇÃO DA ÁGUA

A principal característica destes métodos é a ação da força da água. Apesar de haverem aspectos restritivos na sua aplicação, uma das grandes vantagens desses métodos é o custo relativamente baixo envolvido nas operações, quando comparado com outras alternativas. Basicamente, há duas situações predominantes:

- lavras por desmonte hidráulico a céu aberto; e
- lavras por dragagem em leitos submersos.

5.4.1 Desmonte Hidráulico

O princípio utilizado é a ação da força hidráulica da água. Os exemplos mais comuns de aplicação deste método são os depósitos de areia localizados nas planícies fluviais, ou nas encostas de morros contendo camadas formadas a partir da alteração de rochas cristalinas. Nestes casos em particular, a lavra de areia costuma se desenvolver pelas encostas intemperizadas e, dependendo da forma de avanço, podem inclusive aprofundar-se em cava. As cavas formadas são secas em praticamente toda sua extensão, com exceção dos locais específicos correspondentes aos pontos alagados de transferência da polpa formada a partir da frente de lavra. Esta característica determina a nomenclatura usual destes casos conhecidos como desmonte hidráulico em cava seca. Caulins e quartzitos também podem ser minerados por desmonte hidráulico, dependendo do estado de agregação em que se encontram.

Algumas condicionantes são essenciais para garantir a eficiência, neste tipo de lavra:

- o material deve ser passível de desagregação por meio da força hidráulica promovida pela pressão do jato de água;
- suprimento suficiente de água, pois o método mobiliza grande volume na sua aplicação;
- existência de espaço disponível para disposição dos rejeitos do processo;
- possibilidade de incorporação das operações necessárias de beneficiamento, visando promover a seleção do minério em meio aquoso;
- gradiente favorável, na frente de lavra, que permita a transferência do minério na forma de polpa por ação da gravidade;
- condições operacionais capazes de controlar os impactos ambientais associados, especialmente no controle da qualidade da água excedente e na recuperação das superfícies atingidas (taludes das cavas e bacias de decantação, por exemplo).

A inexistência de alguma dessas condições pode prejudicar ou mesmo inviabilizar o desmonte hidráulico como técnica de ataque da frente de lavra.

Na maioria das minas deste tipo, faz-se necessário o decapeamento, que consiste na remoção da camada do material estéril quando esta recobre o depósito

mineral de interesse. Normalmente, esta camada contém uma subcamada superficial de solo orgânico. A boa prática recomenda um conjunto de procedimentos visando o manejo deste solo, incluindo sua separação dos demais, manuseio apropriado, e a estocagem sob condições adequadas para uso posterior em procedimentos de recuperação das superfícies mineradas que serão revegetadas. O estéril decapeado pode ser usado como: aterro para a recomposição topográfica em áreas mineradas; composição das barragens de contenção das bacias onde são depositados os rejeitos originados pelo beneficiamento; doação ou comercialização para aplicação em obras civis de terceiros, tais como prefeituras, construtoras, etc.; ou, simplesmente, transportado para locais previamente definidos para sua disposição (conhecidos como "bota-fora").

O próximo passo é o desmonte hidráulico. Um jato de água em alta pressão é levado através das mangueiras e direcionado por um monitor, incidindo diretamente na base do talude. Sua ação provoca um desmoronamento controlado e a movimentação do material por gravidade, em forma de polpa. Em algumas minas, são construídas canaletas para auxiliar o direcionamento da polpa. O desmonte na frente de lavra pode incluir um ou mais monitores e formar taludes irregulares de avanço com altura recomendada de 5 a 20 m, embora seja possível encontrar casos de minas onde estes taludes atinjam até 40 a 60 m, o que não é recomendável do ponto de vista da segurança, pois apresentam maior risco de movimentos de massa descontrolados, principalmente em épocas chuvosas.

Na base do talude, forma-se um ponto de convergência do material desmontado, onde é instalado um sistema de bombeamento para transporte da polpa até os estágios operacionais subseqüentes. Tais estágios visam prioritariamente realizar separações entre o minério e outros materiais indesejáveis; geralmente, são utilizados cortes granulométricos para eliminar tanto as frações finas quanto as grosseiras. Este procedimento inclui pelo menos um peneiramento grosseiro em peneira estática para separação dos cascalhos e processos de sedimentação em tanques, caixas ou silos, onde frações de granulometria intermediária são separadas do material mais fino e argiloso. Ciclos de produção com maior grau de sofisticação são aplicados em algumas minas de areia e para outros bens minerais, incorporando equipamentos de classificação com cortes de maior precisão, prioritariamente hidrociclones e cones desaguadores, podendo fazer uso também, em casos específicos, dos jigues, classificadores espirais, e outros processos diferenciados de adensamento (espessadores), filtragem e secagem. A estocagem é feita em silos ou em pilhas a céu aberto. Estas operações requerem o suporte de sistemas de transferência por gravidade ou por bombeamento da polpa. Alguns dos equipamentos citados têm sua utilização mais tradicional nas minas de aluvião para minérios metálicos de alta densidade, e estão sendo incorporados de maneira gradativa no beneficiamento de outros bens minerais não-metálicos, visando, em especial, a melhoria da qualidade dos produtos finais e o aproveitamento das frações mais

finas. Exemplos da aplicação de filtros-prensa e dispositivos de secagem do minério concentrado são encontrados em minas de caulim.

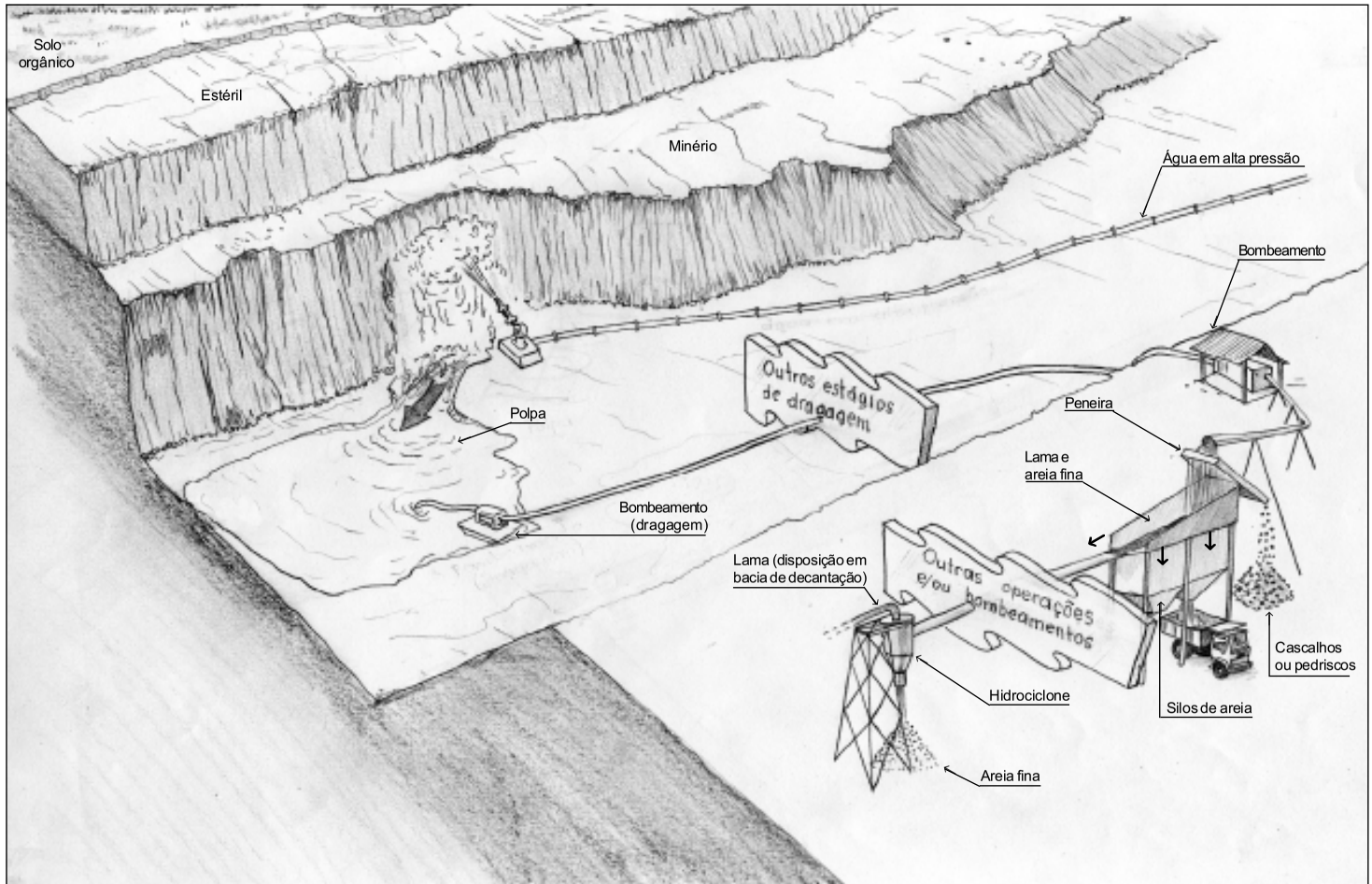
Após as diversas etapas de classificação, a polpa, contendo o material mais fino da fração argilosa (rejeito), costuma ser conduzida para áreas de disposição usualmente chamadas de bacias de decantação, onde as partículas vão se depositando por gravidade e a água passa por um processo de clarificação natural. Normalmente, esta água clarificada nas bacias é reconduzida e reaproveitada em circuito fechado, alimentando as diversas operações de bombeamento necessárias ao ciclo produtivo. Com o passar do tempo, as bacias de decantação vão secando gradativamente, por meio de processos naturais de percolação e evaporação, formando então superfícies secas passíveis de serem revegetadas, ou ainda recuperadas sem revegetação visando outros usos.

A Figura 17 apresenta um esquema geral do desmonte hidráulico em encosta ou em cava seca. A Figura 18 corresponde ao modelo de um CBP em minerações de areia, com o respectivo fluxo de operações.

5.4.2 Dragagem Hidráulica em Leitos Submersos

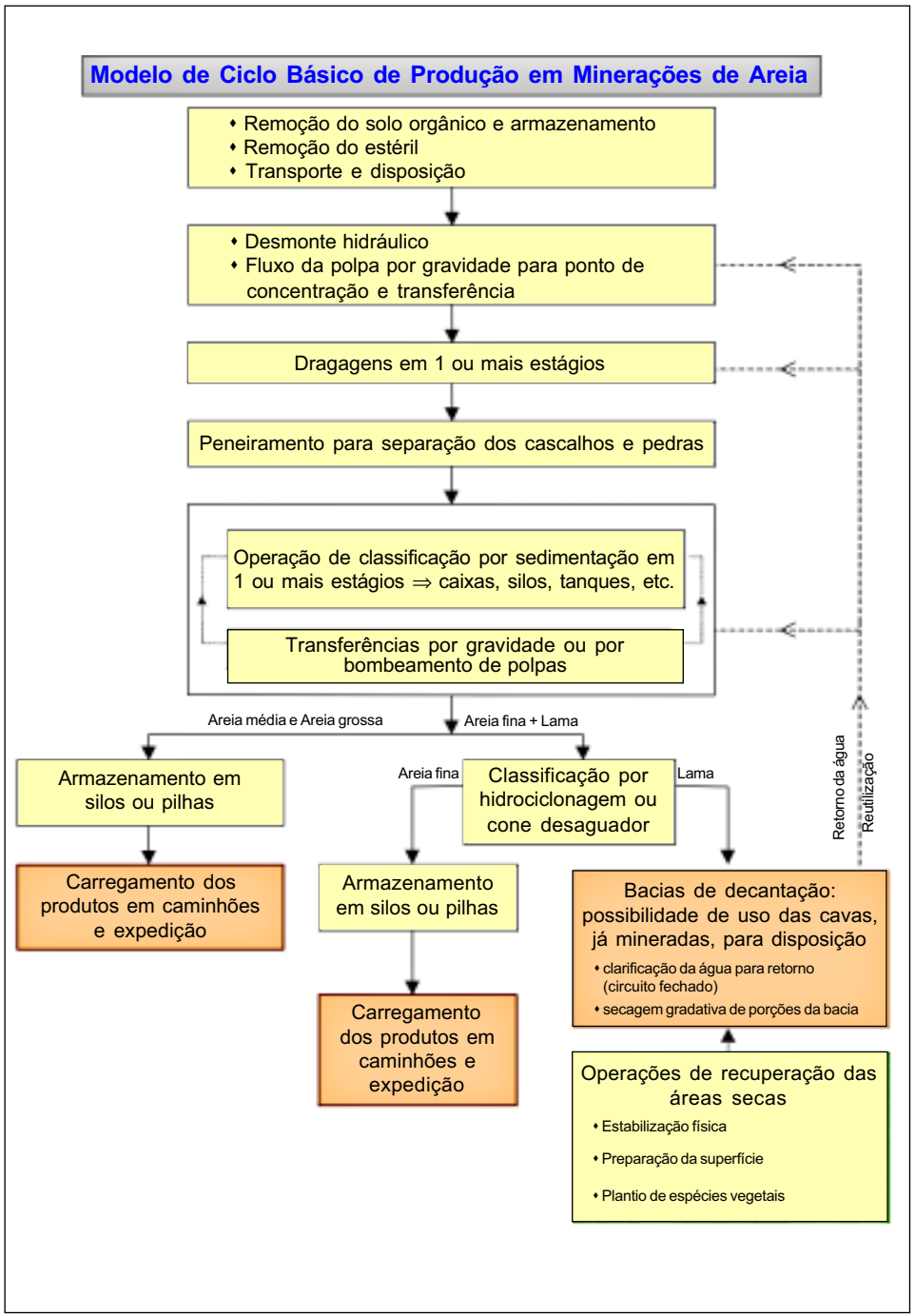
O termo dragagem é empregado de maneira ampla para qualquer tipo de mineração ou obra em que o material é retirado sob um leito d'água, incluindo tanto máquinas que operam por simples escavação mecânica, quanto as que utilizam a força da água (no caso, força de sucção). Ambas são aplicadas para retirada das camadas dos sedimentos arenosos submersos no fundo dos rios, lagoas, represas, etc. Os depósitos possuem espessuras variáveis contendo material pouco consolidado desde alguns metros, mas podendo atingir até dezenas de metros. O estado de consolidação do material é uma condição necessária para permitir a utilização do método de dragagem. Nas minerações paulistas, o uso da dragagem, que atua por ação da força de sucção com formação de polpa, predomina sobre os dispositivos mecânicos, apesar de existirem algumas situações singulares em que são empregadas preferencialmente máquinas de escavação.

O método de dragagem é caracterizado por um sistema de bombeamento que promove a sucção da polpa formada na superfície de ataque do leito submerso. Algumas dragas contam ainda com um dispositivo mecânico colocado na extremidade da tubulação de fundo, e que atua como elemento desagregador do material na superfície de contato, facilitando assim a formação da polpa que é movimentada pelo bombeamento. Nestes casos, é passível considerar que se trata de um sistema misto, ou seja, desagregação mecânica com transferência de polpa por ação de força de sucção. As situações mais comuns são: montagem do sistema de bombeamento sobre uma barcaça móvel, autopropulsora ou movida com o auxílio de barco reboque, e que transporta o minério; e sistema de bombeamento montado sobre barcaça com ancoragem fixa, onde o minério é transferido por tubulação sustentada sobre tambores flutuantes.



Elaboração: Amilton S. Almeida. *Ilustração:* Luiz A. Ribeiro.

Figura 17 - Lavra por desmonte hidráulico em cava seca ou encostas de morros



Elaboração: Amilton S. Almeida.

Figura 18 - Fluxo de operações contendo desmonte hidráulico em cavas secas ou encostas de morros

A mobilidade de uma draga permite trabalhar em áreas diferentes, particularmente nos casos em que o depósito explorado apresenta distribuição extensa ao longo de um rio ou represa. O ponto de sucção no fundo da água é atingido por tubulação, através da qual a polpa é transportada. Um valor de referência é uma concentração útil da polpa contendo 20% de sólidos em peso para um desnível em profundidade de 10 m para tubulações com 20 cm de diâmetro, parâmetros que variam conforme a potência das bombas e os diâmetros dos tubos utilizados.

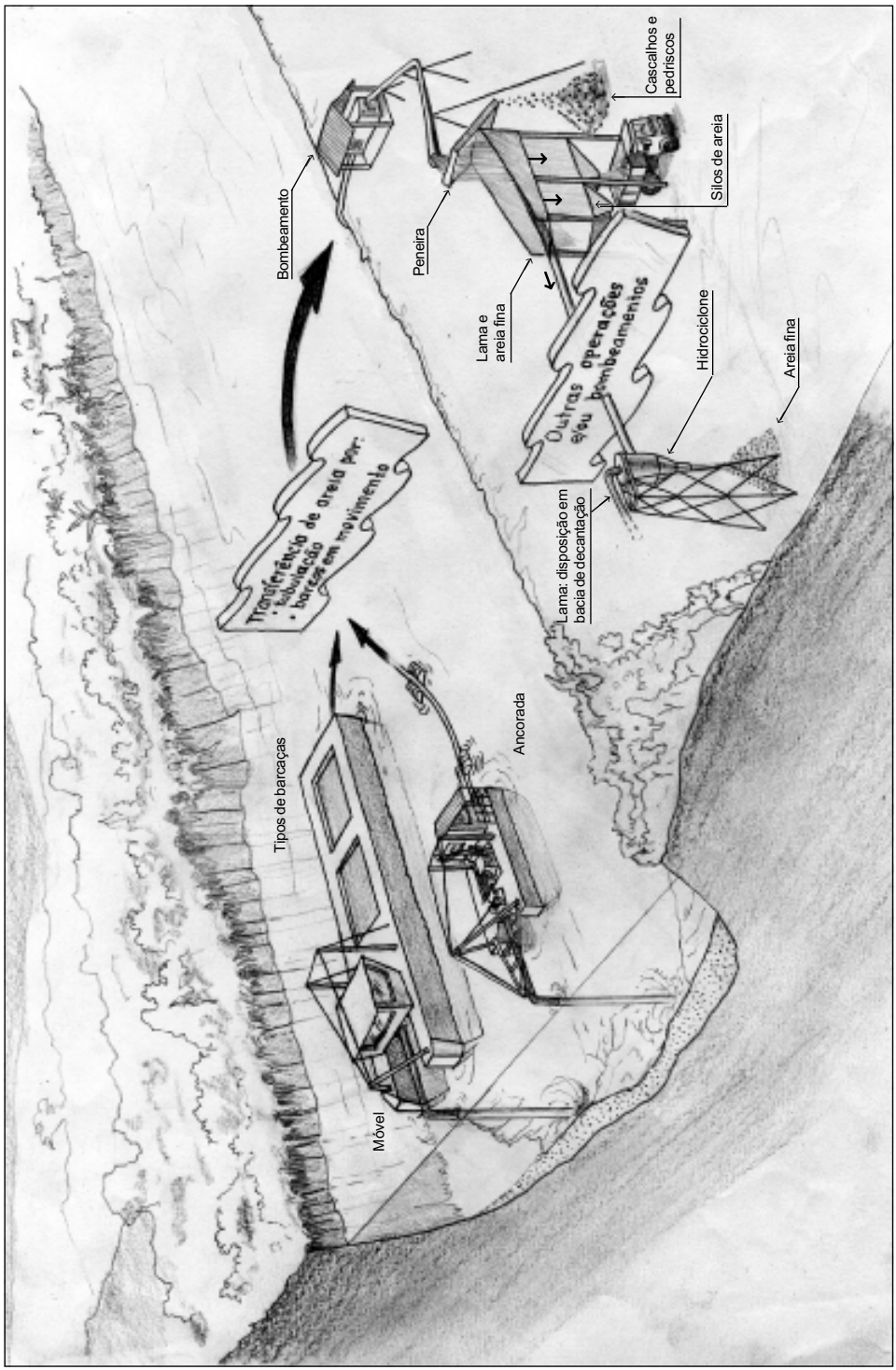
As possibilidades das operações subseqüentes, na composição do CBP desta classe de minerações, são similares àquelas já comentadas para o desmonte hidráulico. Casos mais simples e corriqueiros correspondem às minerações de areia que realizam apenas um peneiramento grosseiro para separação da fração cascalho, e contam com algum dispositivo, como uma caixa de lavagem, que atua por processo de sedimentação. Neste dispositivo, ocorre a separação entre o material mais fino, constituído pela fração argilosa transportada com o excedente de água, e a areia fina, média ou grossa que se deposita no fundo da caixa, sendo então transferida para pilhas de estocagem ao ar livre ou silos de armazenamento e, posteriormente, carregada em caminhões basculantes convencionais.

Quanto à polpa contendo rejeitos finos, a boa técnica recomenda que seja transferida para bacias de decantação, que, em geral, correspondem às cavas já lavradas, ou ainda para porções mais afastadas e também já lavradas da própria cava em operação. Após alguns dias, com a decantação gradativa das partículas sólidas, ocorre o clareamento da água, que, eventualmente, poderá ser reutilizada em circuito fechado para outras operações do processo produtivo, ou simplesmente transferida visando outra destinação. No caso das pequenas minerações que dragam em leito de rio, é recomendável a construção de tanques de alvenaria ou ferro, colocados em cavidade no solo visando à decantação destes rejeitos. Se o local destinado à decantação for pequeno e não projetado como definitivo para disposição (caso de tanques de pequena dimensão ou simples cavidades abertas na superfície e sem nenhum revestimento específico), faz-se necessária a retirada periódica do material depositado por intermédio de algum equipamento de escavação mecânica e a sua disposição final em local apropriado.

A Figura 19 apresenta um esquema geral da lavra em leito de rio ou cava submersa. A Figura 20 corresponde a um modelo de CBP em minerações de areia, com o respectivo fluxo de operações.

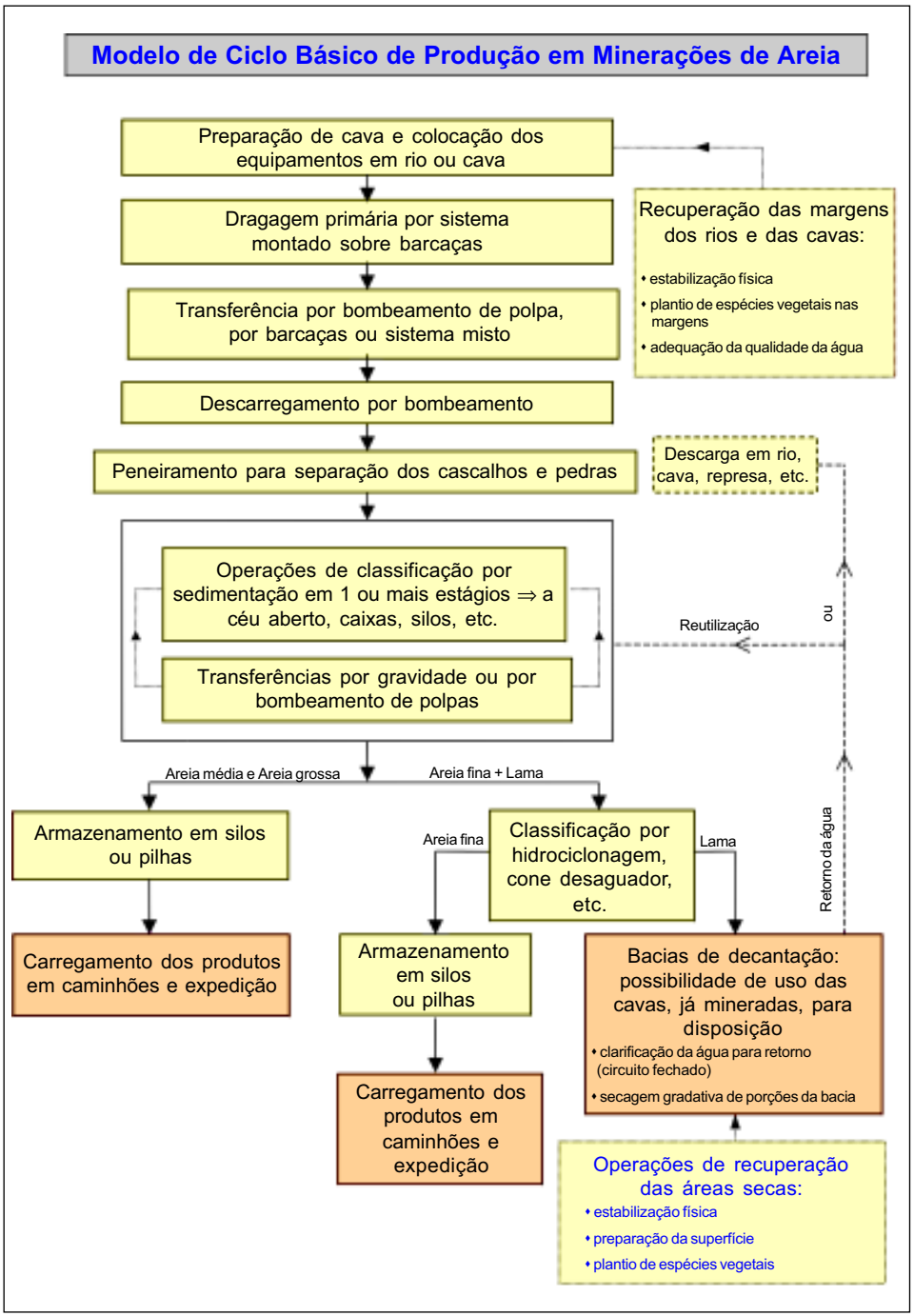
5.5 LAVRAS POR ESCAVAÇÃO MECÂNICA

Praticamente, todas as lavras conduzidas a seco, em MCA, contendo rochas brandas ou camadas de rochas bastante alteradas pelo intemperismo, utilizam algum tipo de máquina de escavação, abrangendo desde os equipamentos mais tradicionais até modelos desenvolvidos especificamente para uma determinada condição de lavra. A diversificação é enorme e os métodos de escavação têm sido aplicados



Elaboração: Amilton S. Almeida. *Ilustração:* Luiz A. Ribeiro.

Figura 19 - Lavra por dragagem em leito de rio ou cava submersa



Elaboração: Amilton S. Almeida.

Figura 20 - Fluxo de operações contendo dragagem hidráulica em leito de rio ou cava submersa

nos mais diversos tipos de bens minerais. Exemplos típicos e bastante comuns dos materiais lavrados mecanicamente são as argilas, cascalhos, areias de uso industrial, saibros para aplicação em aterros, alguns calcários brandos, filitos, feldspatos, talcos, dolomitos, etc. Por outro lado, o mercado de máquinas dispõe de uma enorme variedade de modelos e marcas. Destacam-se: as carregadeiras sobre rodas (também conhecidas como pás-carregadeiras); as carregadeiras de esteiras com lâminas frontais; as escavadeiras tipo *shovel* (escavação com pá frontal), retroescavadeiras e escavadeiras com lança *dragline* (escavação com caçamba de arrasto), todas sobre esteiras; e escarificadores com rodas ou adaptados sobre esteiras.

A opção por alguns equipamentos está associada à adequação da máquina às características da distribuição espacial do depósito, aos fatores de produtividade, à capacidade efetiva de escavação e aos investimentos e custos operacionais. As categorias de equipamentos mais utilizados seguem algumas regras gerais, quais sejam:

- depósitos minerais localizados nas encostas dos morros são escavados prioritariamente com pás-carregadeiras, auxiliadas por carregadeiras de lâmina frontal, para produções de pequeno a médio porte. Minas com produções elevadas podem requerer pás-carregadeiras de grande porte, ou escavadeiras *shovel*;
- depósitos minerais, formados por camadas horizontais de pequena profundidade em subsuperfície e ocupando grande extensão, requerem escavações por retroescavadeiras hidráulicas combinadas com pás-carregadeiras nos serviços de apoio, isto para produções de pequeno a médio porte. Nos casos eventuais em que se requer alta produtividade, as opções podem incluir tipos especiais de equipamentos por escarificação contínua ou escavadeiras *draglines* de alta produtividade; e
- depósitos de maior profundidade, cujo avanço da lavra configura a formação de cavas, são minerados prioritariamente por equipamentos similares aos utilizados nas minas de encosta, sendo que a seleção do tipo adequado depende do patamar de produção.

O avanço das lavras em encosta ou com aprofundamento em cava pode atingir, com facilidade, desníveis de escavação superiores a 20 m. Nestes casos, é necessária a formação de um ou mais níveis de bancadas. Uma altura recomendável para os taludes formados entre as bancadas situa-se na faixa de 5 a 12 m, dependendo de uma avaliação específica sobre as condições de segurança e de estabilidade. A formação de taludes muito elevados cria condições de risco nas operações e acentua processos erosivos, de escorregamentos e assoreamento em áreas circunvizinhas.

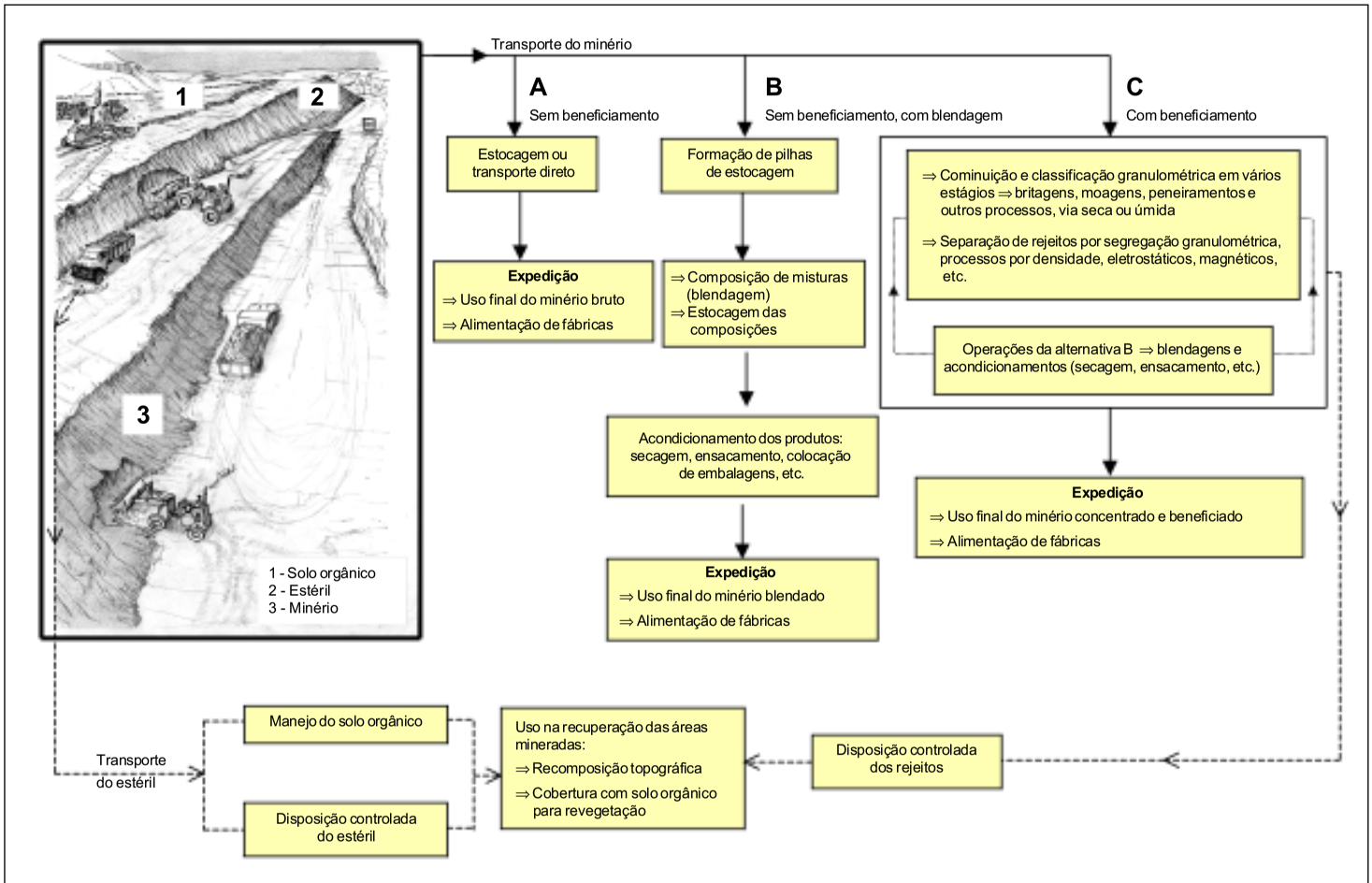
Na maior parte das minerações, as máquinas que realizam a escavação mecânica também são responsáveis pela operação de carregamento das unidades de transporte do material escavado. No transporte, são empregados caminhões basculantes convencionais, ou os caminhões chamados “fora-de-estrada” com

capacidade igual ou acima de 25 t, e esporadicamente as correias transportadoras ou sistemas teleféricos. As operações subseqüentes, que correspondem ao processo de beneficiamento do minério, são as mais variadas possíveis. Em algumas minas, o minério bruto escavado é comercializado sem nenhum tipo de beneficiamento. Na maioria das minas, o minério é submetido a uma série de operações que podem incluir: estocagens intermediárias; procedimentos de mistura (conhecido como blendagem) entre tipos diferenciados de minérios para obtenção de uma composição de massa com características ou propriedades requeridas à sua utilização nos processos industriais; operações de fragmentação progressiva em vários estágios de britagem ou moagem; classificações granulométricas em peneiras, ciclones e outros dispositivos a seco ou a úmido; separação dos materiais indesejáveis por métodos físicos ou físico-químicos, tais como separações eletrostáticas, magnéticas e flotações; e operações de acondicionamento dos produtos, incluindo secagem, ensacamento e embalagem.

A Figura 21 apresenta um fluxograma geral das operações nas minas por escavação mecânica, para uma lavra de encosta com formação de bancada, supondo as três alternativas possíveis para o ciclo de operações de beneficiamento após a escavação: obtenção apenas de minério bruto não beneficiado, como no caso dos materiais que são utilizados em aterros de obras civis (saibros, cascalhos, etc.); formação de composições através da blendagem entre os minérios escavados; e inclusão das operações de beneficiamento para concentração, adequação e acondicionamento dos produtos assim obtidos. Quanto ao destino dos produtos, poderá ser a comercialização direta para um determinado uso na forma final em que se encontra o material produzido pela mina, ou a alimentação como matéria-prima para outros processos industriais na fabricação dos mais variados artefatos ou insumos.

5.6 LAVRAS COM PERFURAÇÃO E DESMONTE DE ROCHA POR EXPLOSIVOS

As técnicas de aplicação dos explosivos para o desmonte rochoso têm sua origem na história antiga, desde o advento da pólvora negra, agente explosivo fraco e de ação lenta. Um salto qualitativo substancial ocorreu com a invenção das dinamites, patenteadas por Nobel em 1867. De lá para cá, inúmeros avanços tecnológicos vêm sendo introduzidos visando a melhoria da segurança no manuseio, eficiência nos métodos de iniciação, ou ainda o aperfeiçoamento das propriedades do explosivo (resistência à água, velocidade de detonação, capacidade energética, redução dos gases tóxicos gerados na explosão, etc.), dos equipamentos de perfuração (máquinas hidráulicas com alta capacidade de produção), bem como novas técnicas para o controle da geometria dos furos. De maneira simplificada, apresenta-se uma breve descrição das fases constituintes das operações de perfuração e desmonte rochoso.



Elaboração: Amilton S. Almeida. *Ilustração:* Luiz A. Ribeiro.

Figura 21 - Lavra por escavação mecânica: modelo de ciclo básico de produção com alternativas de beneficiamento

5.6.1 Perfuração da Rocha

Corresponde à realização de uma série de furos verticais na rocha, com perfuratrizes mecânicas, até uma profundidade pré-determinada. O diâmetro dos furos situa-se quase sempre acima de 5 cm (duas polegadas), sendo muito comuns furos com 7,5 a 10 cm (três a quatro polegadas) para minas com produções de médio porte, e furos maiores para minas de grande porte. Um sistema de perfuração convencional envolve basicamente: a perfuratriz propriamente dita, movida por energia de ar comprimido (compressor), energia elétrica, ou motor de combustão; a haste de transmissão de energia; o elemento de perfuração da rocha ou *bit*; e um sistema de circulação de ar para limpeza do furo e controle da poeira. Quanto à forma de avanço da penetração na rocha, existem as perfuratrizes percussivas (avanço por impacto), rotativas (avanço por rotação) e roto-percussivas (sistema misto), cada tipo sendo mais orientado para determinadas características do maciço rochoso ou certas condições de aplicação.

5.6.2 Desmonte da Rocha

Os furos na rocha são carregados com cargas explosivas, distribuídas ao longo do seu comprimento. Os procedimentos desta etapa são dirigidos para obtenção da melhor distribuição espacial da carga, boas condições de acoplamento com a superfície da rocha e tamponamento eficiente com materiais inertes para confinar a energia gerada pelas cargas explosivas. O objetivo maior é promover, com a detonação, a fragmentação satisfatória da rocha. Por razões de segurança, a iniciação do processo de detonação na carga principal ou primária colocada dentro do furo só ocorre por meio de uma energia de ativação fornecida pela detonação de uma pequena carga iniciadora. Quanto maior for a energia de ativação necessária, menor é o risco de uma iniciação acidental das cargas principais por eventos naturais ou induzidos como descargas elétricas ou provocado por aumento excessivo da temperatura ambiente. Inúmeros dispositivos ou sistemas de iniciação vêm sendo aperfeiçoados. A prática mais comum e já consagrada consiste na utilização de uma série de elementos que, conectados entre si, permitem iniciar a detonação no primeiro furo e promover sua conexão com os demais furos, de maneira a detonar progressivamente todas as demais cargas em seqüência, segundo intervalos de tempo pré-determinados. Esta técnica visa fundamentalmente otimizar o mecanismo de fragmentação e controlar as ondas de impacto geradas no momento da detonação, distribuindo-as ao longo de pequenos intervalos de tempo.

Os sistemas mais antigos consistem basicamente de:

a) espoletas de iniciação por corrente elétrica, contendo pequena carga de um explosivo com energia de ativação suficiente para iniciar o primeiro furo. Devido ao alto risco de acidentes, está praticamente fora de uso;

b) interligação dos vários furos, com cabo explosivo conhecido por cordel detonante, contendo carga linear de alto poder explosivo para transmissão da energia de iniciação nos demais furos; e

c) dispositivo contendo cargas de reforço localizadas e elementos de retardo temporal para controlar o intervalo do tempo de detonação entre furos.

Os avanços tecnológicos mais recentes vêm introduzindo no mercado outros sistemas de iniciação mais seguros e eficientes, visando a redução dos excedentes de energia não aproveitados na fragmentação da rocha, e que acabam gerando impactos ambientais. Como o cordel detonante é um explosivo de alta energia e gerador de impacto na forma de sobrepressão sonora (parte significativa de sua energia é transmitida à atmosfera), seu uso vem sendo gradativamente substituído pelos sistemas de iniciação contendo cabos não explosivos para conexão entre furos. Estes transmitem uma onda de energia capaz de iniciar a seqüência de furos carregados, porém sem processo de detonação do próprio cabo. A energia é transmitida pelo seu interior e integralmente aproveitada apenas na iniciação do explosivo primário.

Outro avanço é o advento dos dispositivos conhecidos como espoletas eletrônicas de retardo, que permitem alta precisão e diversificação no estabelecimento dos intervalos de tempo programados para detonação das cargas, melhorando assim as condições de aproveitamento e distribuição da energia efetivamente utilizada na fragmentação da rocha. Adicionalmente ao mecanismo de fragmentação, ocorre um certo deslocamento da rocha pela ação da expansão dos gases formados durante a explosão. A Figura 22 ilustra um esquema básico de um furo carregado com explosivo e localizado numa bancada horizontal de um maciço rochoso.

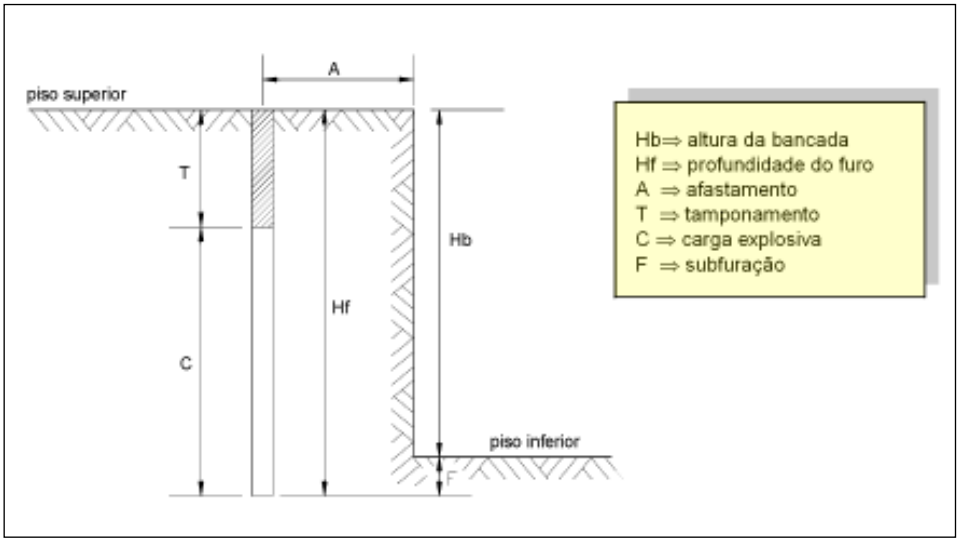


Figura 22 - Furo vertical em rocha carregado com explosivo

Com relação aos explosivos em si, as evoluções mais significativas ficam por conta da introdução no mercado das emulsões explosivas em unidades móveis, caminhões especialmente adaptados para carregamento direto nos furos. Estes produtos permitem condições de versatilidade no controle das suas propriedades na boca do furo, salientando-se a própria composição da mistura explosiva, a quantidade de energia, a densidade do produto, a velocidade de detonação, etc. Outras formulações dos explosivos a granel também dispõem de tecnologia para carregamento direto nos furos usando-se caminhões especiais de acondicionamento do produto. Este sistema facilita o manuseio, melhora as condições de segurança e o rendimento global da operação, quando comparado aos métodos mais tradicionais. Os explosivos de alto risco, à base de nitroglicerina em sua composição, praticamente caíram em desuso. A preparação na própria mina da mistura de óleo diesel e nitrato de amônio conhecida como *ANFO* (sigla inglesa) ainda é praticada, especialmente em algumas pedreiras, onde os furos são feitos em maciços rochosos sem a presença de umidade, havendo ainda no mercado empresas que já fornecem *ANFO* em unidades móveis.

O planejamento da detonação das cargas é denominado plano de fogo, no qual são incorporados cálculos de engenharia para: determinação da quantidade de explosivos e da sua distribuição ao longo dos furos; geometria e distribuição espacial dos furos; colocação dos elementos de retardo responsáveis pelo intervalo de tempo de detonação entre furos; posicionamento das cargas de reforço; razão de carregamento (quantidade de explosivo em relação ao volume de rocha a ser desmontado); seleção dos elementos de iniciação, entre outros. A finalidade do plano de fogo é otimizar o resultado da fragmentação da rocha, associado aos fatores de segurança e de redução dos incômodos, entre os quais destacam-se o risco de ultralançamento dos fragmentos de rocha, a sobrepressão atmosférica, os ruídos e as vibrações no solo. Todo evento de desmonte rochoso deve ser acompanhado pelo autor do respectivo plano de fogo e conduzido por auxiliares treinados e licenciados, conhecidos como "cabos de fogo" ou *blasters*.

Após o desmonte rochoso principal, também denominado desmonte primário, a rocha sã do maciço encontra-se fragmentada e seus fragmentos espalhados no nível inferior ou "pé" da bancada. Desmontes primários com bom resultado costumam apresentar uma fragmentação satisfatória, ou seja, compatível com a dimensão dos equipamentos que realizam as operações subseqüentes. Caso isto não ocorra, os blocos maiores precisam ser submetidos a uma operação trabalhosa e arriscada, quando realizada com explosivos, conhecida como desmonte secundário. Esses blocos são perfurados com marteletes pneumáticos, os furos são carregados com cartuchos de dinamite e detonados sistematicamente para fragmentá-los em blocos menores compatíveis com as próximas etapas de beneficiamento. Em algumas minas, este procedimento de quebra dos blocos maiores é realizado com equipamentos de redução por impacto mecânico. Uma opção é o sistema conhecido como *dropball*, consistindo em uma máquina munida com uma esfera de aço que

é lançada em queda livre sobre o bloco promovendo sua fragmentação. Outra opção de grande sucesso é o rompedor hidráulico, que consiste em um dispositivo de quebra dos blocos na forma de um "martelo" com ponta de impacto, acionado por sistema hidráulico e montado sobre uma máquina de esteiras. Tanto o *dropball* quanto o rompedor hidráulico apresentam vantagens notórias do ponto de vista da segurança e da diminuição dos incômodos causados no meio ambiente pelo desmonte secundário tradicional, especialmente pela extinção dos ruídos das detonações e a eliminação do risco de acidentes provocados por algum ultralançamento descontrolado dos fragmentos de rocha para além da área de segurança da lavra.

A retomada dos fragmentos de rocha é realizada por máquinas para carregamento nos caminhões. O porte destes equipamentos irá depender da escala de produção, dimensão dos fragmentos e das condições geométricas de avanço das bancadas, utilizando-se desde pás-carregadeiras de médio porte, até máquinas similares de grande porte ou escavadeiras *shovel.* O transporte é feito por caminhões basculantes tradicionais ou caminhões conhecidos como "fora-de-estrada" com capacidade igual ou superior a 25 t. A operação de transporte dos blocos ou fragmentos de rocha encerra o ciclo de produção da lavra quando os caminhões descarregam estes blocos no local em que serão submetidos às próximas operações do beneficiamento do minério.

Quanto ao seu desenvolvimento, a lavra pode avançar nas encostas dos morros, aprofundar-se com formação de cavas, ou ainda corresponder a uma combinação destas situações. Inicialmente, faz-se necessária a retirada das camadas de rocha alterada ou solo correspondente ao estéril que recobre a rocha sã. O material deve ser transportado e disposto em local apropriado, previamente estabelecido, segundo critérios técnicos de planejamento e controle. Algumas minerações vêm buscando outras alternativas para o destino deste material, tal como a comercialização ou doação como material de aterro, ou ainda submetê-lo a um processo de beneficiamento para aproveitá-lo como subproduto da mina, por exemplo da sua fração arenosa. Desta forma, é possível diminuir o volume de disposição e compensar, pelo menos parcialmente, os custos envolvidos nesta operação.

Após a retirada do capeamento, a frente de rocha exposta para lavra pode apresentar altura significativa. A técnica correta de avanço nesses casos é o abatimento do maciço, formando bancadas com alturas intermediárias que podem variar entre 10 e 20 m, dependendo, essencialmente, de um planejamento prévio vinculado à escala de produção, aos estudos sobre condições de estabilidade e da conformação geométrica adequada para o avanço da lavra.

O ciclo das operações para beneficiamento da rocha envolve fragmentações progressivas do minério, intercaladas com processos de classificação ou de concentração, dependendo de cada situação particular e do uso a que se destina. A configuração típica é iniciar-se com uma operação de britagem primária. O britador primário é o equipamento de entrada dos blocos de rocha produzidos na lavra,

sendo responsável pela primeira redução drástica na dimensão dos fragmentos de rocha. As partículas resultantes são encaminhadas para estágios progressivos de redução por britadores menores (britagens secundária, terciária e até quaternária), complementadas pelas demais operações envolvidas no processo de beneficiamento. Exemplo típico é uma instalação de britagem de uma pedreira de médio ou grande porte. O movimento contínuo do material, no interior da instalação, é realizado por intermédio de correias transportadoras e unidades alimentadoras dos britadores e das peneiras. Em minas que produzem outros bens minerais, como no caso das rochas calcárias, e que também são lavradas com perfuração e desmonte, o minério poderá ter outro destino de beneficiamento após o ciclo de operações da lavra, como, por exemplo, uma única operação de britagem primária complementada com múltiplos estágios de moagem e de classificação.

A Figura 23 apresenta um esquema simplificado das principais operações de um CBP típico de uma pedreira, cujos produtos finais correspondem àqueles usualmente comercializados para atender ao mercado consumidor de rocha britada. Na Figura 24, encontra-se uma ilustração com as principais operações seqüenciais correspondentes à lavra de uma pedreira de encosta, desenvolvida por bancadas múltiplas com perfuração e desmonte rochoso por explosivos.

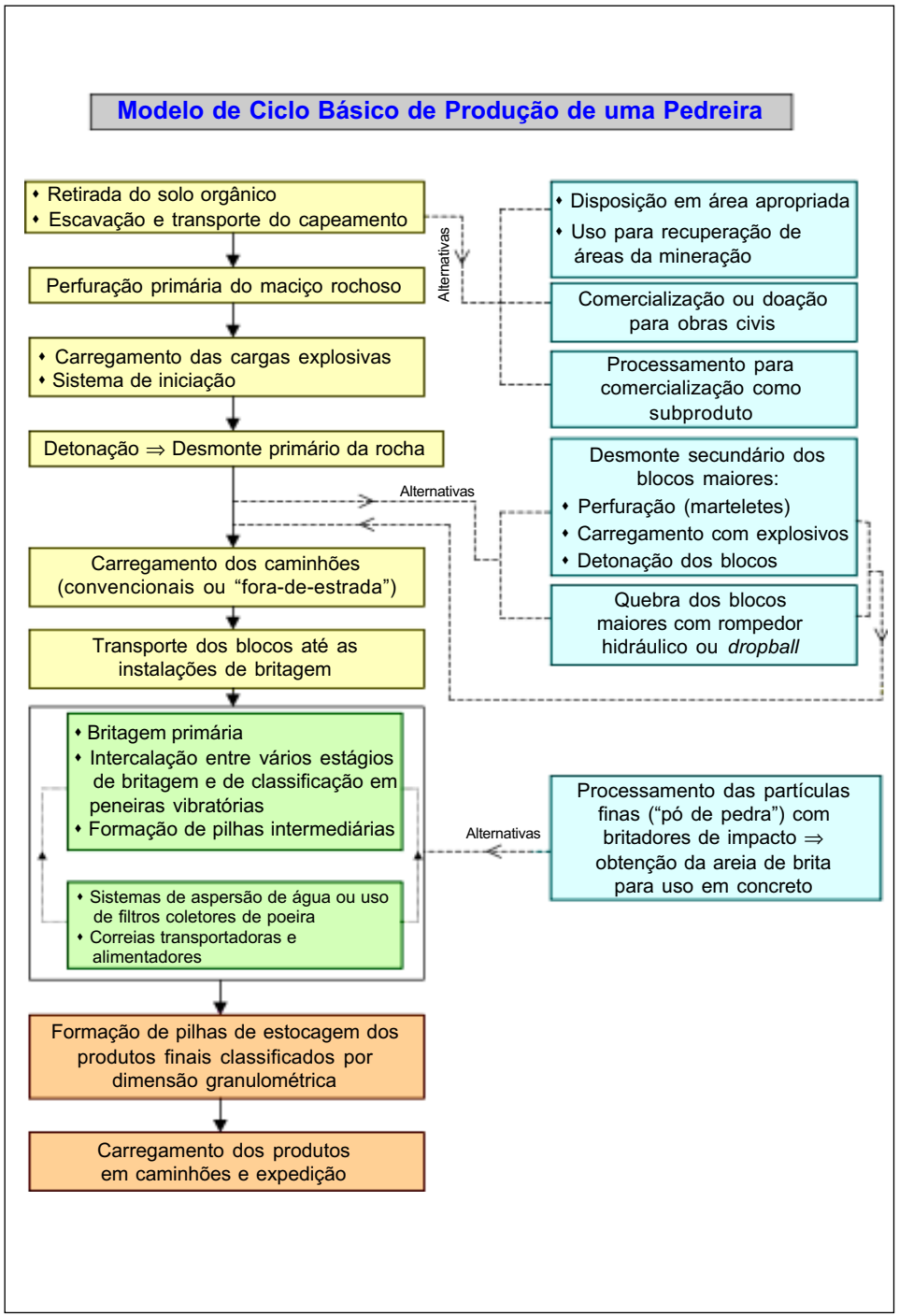
5.7 MÉTODOS DE LAVRA EM MODALIDADES ESPECÍFICAS DE MINERAÇÕES

Existem minerações peculiares quanto ao método de lavra empregado, em relação ao grupamento geral até agora apresentado. Particularmente no território paulista, destacam-se pelo menos mais três modalidades: minerações de rochas ornamentais, águas minerais e turfas.

5.7.1 Minerações de Rochas Ornamentais

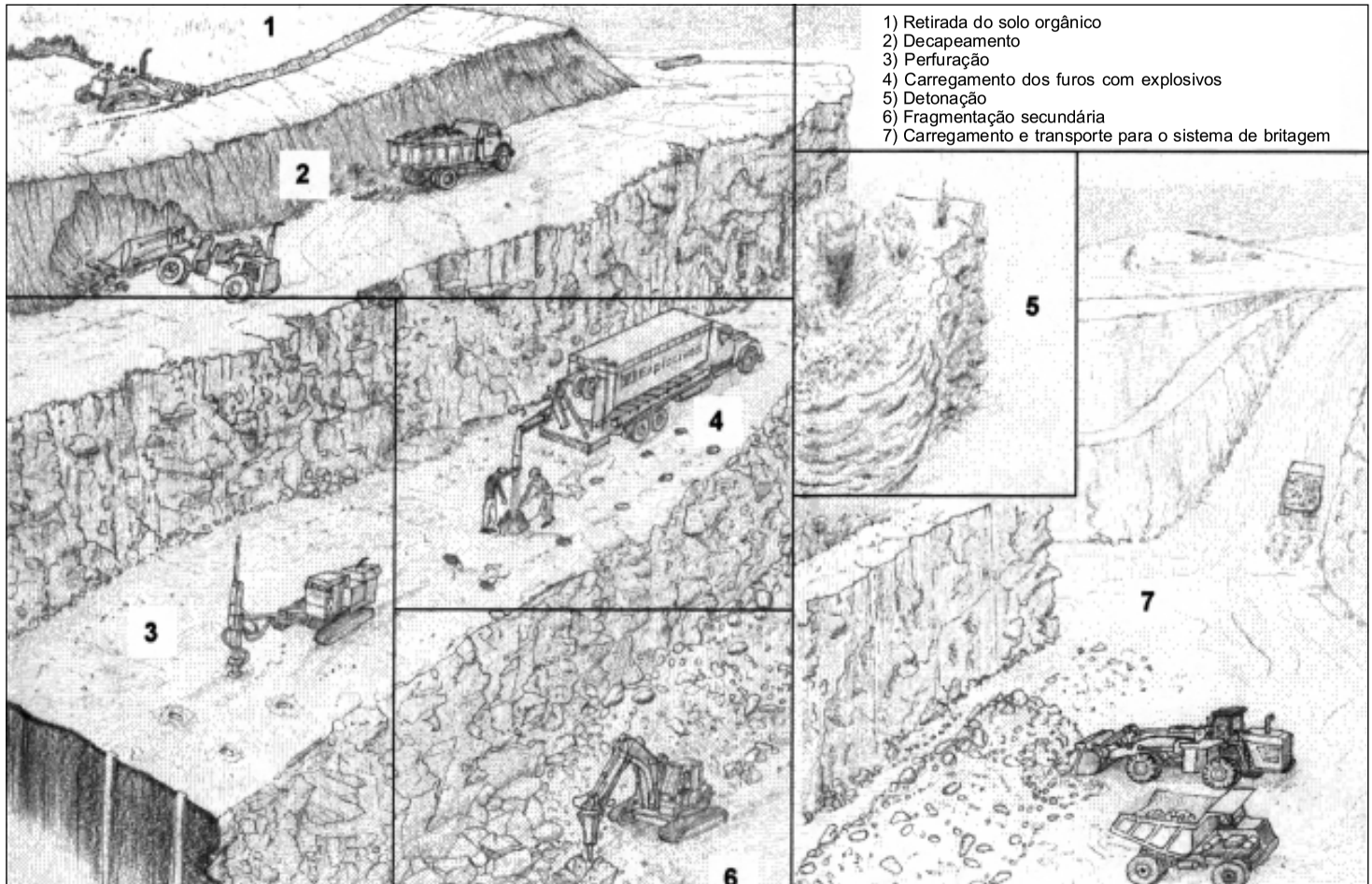
As lavras de rochas ornamentais desenvolvem-se em maciços rochosos ou em matacões de rocha (unidades ou blocos de rocha individualizados), respectivamente designadas por lavra de maciço e lavra de matacão. Em ambas, o objetivo é a retirada de blocos com dimensões previamente definidas e compatíveis para sua transformação posterior. Na lavra de maciços, o avanço consiste na formação das bancadas onde ocorre o corte da rocha, conduzido segundo algumas técnicas bastante distintas entre si, ou, ainda, uma combinação entre elas. Um exemplo é a técnica de desmonte escultural consistindo na perfuração e carregamento com pequenas cargas explosivas, combinado com a perfuração de furos não carregados para direcionamento do plano de corte originado pelo efeito da detonação.

O resultado desejado é apenas "cortar" o bloco de rocha segundo uma certa direção preferencial, fato que a diferencia das minerações do Grupo 3, no qual o objetivo é a fragmentação da rocha durante o desmonte rochoso. O corte direcional



Elaboração: Amilton S. Almeida.

Figura 23 - Fluxo de operações com perfuração e desmonte rochoso por explosivos



Elaboração: Amilton S. Almeida. *Ilustração:* Luiz A. Ribeiro.

Figura 24 - Esquema típico de uma pedreira: seqüência de lavra com perfuração e desmonte rochoso

dos blocos também pode ser obtido utilizando-se dispositivos de ação contínua, tais como o fio diamantado atuando sobre a rocha, ou máquinas de corte projetadas especificamente com esta finalidade. Os blocos obtidos são transportados até as unidades conhecidas como serrarias que utilizam teares, máquinas que farão o desdobramento do bloco em chapas. As próximas operações consistem no acabamento superficial das chapas em marmorarias (cortes secundários, polimentos e outros tratamentos finais), para comercialização como pisos, pias, revestimentos de fachadas, entre outros.

As minerações de rochas ornamentais, principalmente as lavras de matacões, geram um volume considerável de retalhos que não podem ser aproveitados em teares, razão pela qual são trabalhados manualmente, com emprego de ferramentas simples (marretas e talhadeiras) para a produção de pedras de cantaria (paralelepípedos ou "paralelos", guias, mourões, etc.), ou de pedras ornamentais (placas ou blocos), amplamente utilizados em assentamentos de pisos, paredes e outros revestimentos. Esta prática é comum em matacões muito pequenos, em rochas foliadas (ardósias, quartzitos, arenitos e xistos), ou ainda em rochas compactas sem atrativo de cor e brilho, como é o caso dos basaltos, diabásios ou arenitos silicificados. Dependendo das características das rochas, elas podem ainda ser utilizadas em obras artesanais de estatuária e preparação de pequenos objetos de decoração.

5.7.2 Aproveitamento das Águas Minerais e Potáveis de Mesa

Águas minerais podem ser provenientes das fontes naturais ou captações artificiais e apresentam composição química, propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns. Águas potáveis de mesa incluem aquelas de composição normal que preenchem requisitos estritos de potabilidade. Sua comercialização para consumo humano é considerada uma atividade do setor mineral, de acordo com legislação estabelecida no Código de Mineração e no Código de Águas Minerais, e em dispositivos legais do Ministério da Saúde. Evidentemente, trata-se de uma categoria de mineração bastante diferenciada das demais, seja do ponto de vista da natureza das operações constituintes do ciclo produtivo, ou da própria finalidade de utilização do produto.

Em linhas gerais, a captação da água pode ocorrer em fonte de superfície na forma de uma nascente, ou pela perfuração dos poços de profundidade, artesianos ou semi-artesianos. Nas captações subterrâneas, ou onde a topografia não permite um fluxo natural por gravidade, são utilizados sistemas múltiplos de bombeamento com transferência por tubulação e armazenamento em tanques ou caixas intermediárias. O produto pode ser comercializado por meio de caminhões tanques, que recebem a água diretamente das caixas de armazenamento. As empresas produtoras de água engarrafada precisam incorporar uma série de operações industriais ao ciclo de produção, destacando-se: unidades de lavagem e de enxágüe dos invólucros; sistemas de higienização por agentes bactericidas e por radiação ultravioleta; equipamentos de

engarrafamento automático e de rotulagem; máquinas de produção dos invólucros (garrafas, copos e garrafões de plástico), entre outras. Nestes casos, todas as instalações costumam ser praticamente automatizadas, sem contato manual, e dentro de padrões técnicos operacionais estabelecidos pelos órgãos competentes de fiscalização da produção de água mineral e potável de mesa.

5.7.3 Minerações de Turfa

Poucas minas, no Estado de São Paulo, encontram-se em operação na lavra de turfa, cuja utilidade prioritária tem sido como carga corretiva dos solos destinados à agricultura. Os depósitos de turfa correspondem a um processo de mineralização de resíduos de origem vegetal e encontram-se na forma de camadas superficiais ou de pequena profundidade depositadas em várzeas. O processo de lavra ocorre a seco, com o uso de máquinas especialmente adaptadas a partir de tratores de médio porte e que raspam o material, razão pela qual o processo é vulgarmente conhecido como "colheita". Já o tratamento ou processamento da turfa pode incluir etapas de revolvimento, formação das pilhas de estocagem e de secagem natural, algumas vezes com operações de blendagem para obtenção dos produtos mais adequados a determinadas condições de consumo. O produto poderá ainda receber algum tipo de acondicionamento em embalagens ou sacos para expedição ao mercado consumidor.

CAPÍTULO 6

Impactos Ambientais e Medidas de Controle

6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O meio ambiente consiste na interação dos meios físico, biótico e antrópico. Essa interação é dinâmica, assim as características ambientais tendem a se modificar, naturalmente, com o tempo. A dinâmica do meio ambiente é expressa pelos processos ou fatores do meio ambiente. Entretanto, com uma intervenção humana, esses processos ou fatores podem ser acelerados, retardados ou suprimidos. Quando essa alteração é significativa, tem-se o impacto ambiental.

As operações necessárias para a realização da mineração podem acarretar alterações em processos do meio ambiente, as quais, dependendo de sua significância, podem constituir impactos ambientais, negativos e positivos. Os impactos positivos referem-se aos diversos benefícios socioeconômicos citados no Capítulo I desta publicação.

Apresentam-se, neste Capítulo:

- os principais processos ou fatores do meio ambiente, passíveis de alteração pelas operações das fases de instalação e funcionamento da mineração e os principais impactos ambientais negativos a eles associados, com ênfase no meio físico, considerando-se as metodologias usuais de extração, quais sejam, o desmonte de rocha por explosivos, a escavação mecânica, o desmonte hidráulico e a dragagem hidráulica em leitos submersos; e
- as principais medidas de mitigação, compensatórias e de monitoramento necessárias para o controle ambiental do empreendimento.

6.2 PROCESSOS/FATORES DO MEIO AMBIENTE E SUAS ALTERAÇÕES

Os principais processos/fatores dos meios físico, biótico e antrópico passíveis de alteração (de forma negativa), pelas operações das fases de instalação e funcionamento da mineração, podem ser vistos no Quadro 5.

6.2.1 Processos do Meio Físico Passíveis de Alteração

A) Erosão pela água

O processo erosão pela água consiste na desagregação e remoção de solo, fragmentos e partículas de rocha pela ação combinada da gravidade e da água

Quadro 5 - Principais processos do meio ambiente passíveis de alteração (de forma negativa), pelas operações das fases de instalação e funcionamento da mineração

Segmento do meio ambiente	Processo ou fator considerado
Meio Físico	1) Erosão pela água 2) Deposição de sedimentos ou partículas 3) Inundação 4) Escorregamento 5) Movimento de bloco 6) Movimentação das águas em subsuperfície 7) Escoamento das águas em superfície 8) Interações físico-químicas e bacterianas no solo e nas águas superficiais e subterrâneas 9) Erosão eólica 10) Circulação de partículas sólidas e gases na atmosfera 11) Propagação de ondas sonoras 12) Propagação de sismos
Meio Biótico	13) Desenvolvimento da vegetação 14) Desenvolvimento da fauna
Meio Antrópico	15) Trânsito 16) Percepção ambiental

precipitada (pluvial) e de escoamento (fluvial), podendo se manifestar como sulcos, ravinas, boçorocas e *piping* (erosão interna).

As operações da mineração podem alterar este processo, por exemplo: ao realizar movimentação de solo ou rocha que provoca a desestruturação de solos e a exposição de horizontes suscetíveis à erosão (Figuras 25 e 26); e, ao criar

Fonte: Tânia de Oliveira Braga.

Figura 25 - Vista de uma antiga frente de lavra de mineração de areia, onde se observa, ao fundo, o solo apresentando sulcos de erosão

Fonte: Tânia de Oliveira Braga.

Figura 26 - Vista de uma frente de lavra de argila, onde se observam sulcos de erosão

superfícies, como as de corpos de bota-foras (Figura 27) que, sem cobertura superficial, ficam sujeitas à ação erosiva da água.

Fonte: Tânia de Oliveira Braga.

Figura 27 - Aspecto de um antigo corpo de bota-fora de uma mineração de rocha para brita, onde se observam sulcos de erosão

Os principais prováveis impactos ambientais decorrentes da alteração desse processo, pelas operações de mineração, são: a aceleração do processo deposição de sedimentos ou partículas; a perda de solo; e a possibilidade da alteração no processo extrapolar a área da mineração e atingir outras formas de uso e ocupação do solo, como matas nativas e áreas edificadas.

B) Deposição de sedimentos ou partículas

O processo consiste na acumulação ou concentração de partículas sólidas em meio aquoso, iniciando-se quando a força do agente transportador (curso d'água) é sobrepujada pela força da gravidade, ou quando a supersaturação das águas induz a deposição das partículas.

A alteração neste processo se inicia, geralmente, pela intensificação do processo erosivo; portanto, entre as operações de mineração que alteram este processo estão as mesmas que tendem a alterar o processo erosão pela água. Este processo pode ser alterado, ainda, pelo extravasamento de bacias de rejeito líquido; pelas perdas no processo de beneficiamento (decantação em tanques, peneiramento, decantação em silos, hidrociclonagem, filtroprensagem e secagem); e pelos vazamentos em dutos de transporte de polpa.

Os principais prováveis impactos ambientais decorrentes da alteração na deposição de partículas sólidas em cursos d'água são: o assoreamento (Figura 28) de cursos d'água (que provocará alteração no processo inundação); e o turvamento das águas (que pode interferir no hábitat de organismos aquáticos e comprometer o uso da água a jusante do empreendimento).

Fonte: Tânia de Oliveira Braga.

Figura 28 - Vista de setor a jusante de um corpo de bota-fora de uma mineração de rocha para brita, onde se observa o assoreamento de um curso d'água

C) Inundação

Este processo corresponde ao extravasamento das águas de um curso d'água para as áreas marginais, quando a vazão a ser escoada é superior à capacidade de descarga da calha.

A alteração neste processo pode se iniciar pelo assoreamento provocado pela alteração no processo deposição de sedimentos ou partículas; assim, as operações da mineração que podem provocar o assoreamento e, conseqüentemente, a inundação são as mesmas que intensificam o processo erosão pela água.

Os principais prováveis impactos ambientais decorrentes de inundações são: a interferência em áreas ribeirinhas (rurais e urbanas) a jusante do empreendimento; e a interferência no próprio empreendimento. As águas podem atingir taludes inferiores de bota-foras e barragens de rejeito, agravando ainda mais o quadro de assoreamento/inundação.

D) Escorregamento

Consiste no movimento rápido de massa de solo ou rocha, geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora de um talude (natural, de corte, de aterro).

O desmonte e a formação de corpos de bota-fora e de bacias de decantação de rejeitos líquidos podem originar taludes íngremes e instáveis, podendo potencializar escorregamentos. Nos corpos de bota-fora pode ocorrer, ainda, a formação de lençol suspenso, no caso de drenagem interna insuficiente ou ausente, que tende a instabilizá-los e provocar escorregamentos. A significância vai depender do que for atingido quando da ocorrência do evento.

Esse problema pode ganhar significância maior após a desativação da atividade, quando pessoas estranhas ao empreendimento podem passar a ter acesso ao local.

Os principais prováveis impactos ambientais decorrentes da alteração no processo são: danos a edificações e equipamentos dentro do próprio empreendimento e, eventualmente, ferimentos e óbitos.

E) Movimento de bloco

O processo movimento de bloco consiste no deslocamento, por gravidade, de blocos de rocha, podendo ser de três tipos: queda de bloco, que ocorre em taludes íngremes, correspondendo à queda livre de blocos de rocha, com ausência de superfície de movimentação; rolamento de bloco, quando o bloco desloca-se, por perda de apoio, ao longo de uma superfície; e desplacamento de rocha, que consiste no desprendimento de lascas ou placas de rocha de um maciço rochoso, podendo a movimentação se dar em queda livre ou por deslizamento ao longo de uma superfície.

A alteração nesse processo ocorre, principalmente, nas cavas e nos corpos de bota-fora.

Da mesma forma que o escorregamento, esse problema pode ganhar significância maior após a desativação da atividade, quando pessoas estranhas ao empreendimento podem passar a ter acesso ao local.

Os principais prováveis impactos ambientais decorrentes são: danos a edificações e equipamentos dentro do próprio empreendimento e, eventualmente, ferimentos e óbitos.

F) Movimentação das águas em subsuperfície

O processo movimentação das águas em subsuperfície corresponde a todo deslocamento das águas no solo ou fraturas de rocha.

A alteração neste processo, pelas operações da mineração, pode ocorrer devido à: retirada da vegetação no decapeamento, que implica o aumento da quantidade de água no escoamento superficial e a diminuição da quantidade de água que se infiltra em subsuperfície, provocando, assim, o rebaixamento do nível d'água subterrâneo; criação de uma camada semi-impermeável, como é o caso das barragens de rejeito da mineração de areia, que podem provocar, também, o rebaixamento do nível d'água subterrâneo; e utilização de captações de águas subterrâneas, no empreendimento, a partir de poços, que produzem um cone de rebaixamento, intrínseco à operação de cada poço, que poderá interferir na circulação natural das águas subterrâneas, resultando na diminuição da produtividade de poços existentes nas circunvizinhanças.

Os principais prováveis impactos ambientais decorrentes do rebaixamento do nível d'água subterrâneo são: aumento gradativo da dificuldade de acesso aos recursos hídricos subterrâneos; e perdas de pontos de captação. O principal problema decorrente da elevação do nível freático é a possibilidade de ocorrerem desmoronamentos em poços de captação não revestidos.

G) Escoamento das águas em superfície

O processo escoamento das águas em superfície consiste no movimento das águas precipitadas da atmosfera, ou aflorantes no solo, e que escoam na superfície de um terreno.

Este processo está relacionado ao processo erosão pela água. Assim, as principais operações da mineração que o alteram são as mesmas que alteram a erosão. Saliente-se que o escoamento das águas em superfície pode ser alterado, também, pelas captações realizadas em cursos d'água e pela instalação de barreiras como bota-foras.

O principal provável impacto ambiental decorrente das captações realizadas em cursos d'água é a diminuição da disponibilidade hídrica superficial, prejudicando captações existentes a jusante.

H) Interações físico-químicas e bacterianas na água e no solo

O processo interações físico-químicas e bacterianas na água e no solo é o conjunto de reações entre substâncias e elementos provenientes ou concentrados nas águas e no solo.

A contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas pode ser mais expressiva a partir de oficinas de manutenção e das unidades de abastecimento, em função de: ocorrência de vazamentos durante a manutenção dos veículos; descarte inadequado de óleo usado; liberação direta para o meio externo da água proveniente da lavagem de veículos, contendo, óleos e graxas; rompimento de tanques de óleo usado; disposição, em corpos de bota-fora, de sedimentos retirados de caixas coletoras de óleos; disposição, em corpos de bota-fora, de panos e estopa sujos com óleos e graxas; disposição, de forma aleatória, de sucatas sujas com os mesmos produtos; rompimento de tanques de combustível; e abastecimento de veículos realizado sem cuidados.

A contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas pode ocorrer, também, em função do descarte de forma irregular de lixo (Figura 29) – gerado nos

Fonte: Tânia de Oliveira Braga.

Figura 29 - Vista de um corpo de bota-fora de uma mineração de rocha para brita, onde se observa lixo doméstico sendo aterrado no local

escritórios, instalações de higiene, cozinha/refeitório, ambulatório e, eventualmente, em residências existentes na área do empreendimento – e do uso de fossa negra nas instalações de higiene ou de fossas sépticas mal construídas.

Especificamente as águas subterrâneas podem ser contaminadas, ainda, a partir de poços instalados no empreendimento sem as devidas proteções sanitárias (cerca, laje superficial, cimentação na porção superior da perfuração e altura adequada da boca e tampa), o que possibilita a contaminação localizada da água subterrânea por agentes poluentes de superfície. Vazamentos de óleos de motores, que movimentam as bombas nas margens de cursos d'água e boca de poços, podem provocar contaminações localizadas.

O principal provável impacto ambiental decorrente da alteração no processo é a contaminação do solo e das águas superficiais (Figura 30), podendo comprometer o uso da água em pontos de captação a jusante do empreendimento e o uso futuro do próprio solo.

I) Erosão Eólica

A erosão eólica consiste na desagregação e remoção de fragmentos e partículas sólidas, pela ação combinada do vento e da força da gravidade.

As principais operações da mineração que podem alterar este processo são a disposição de rejeito e a estocagem do produto, que expõem uma grande quantidade de partículas sólidas à ação erosiva do vento.

O principal provável impacto ambiental decorrente da alteração no processo é o aumento da quantidade de partículas sólidas na atmosfera, contribuindo assim para a alteração no processo circulação de partículas e gases na atmosfera.

J) Circulação de partículas sólidas e gases na atmosfera

Este processo corresponde à movimentação de partículas sólidas e gases presentes na atmosfera.

Além dos corpos de bota-fora e das barragens de rejeito, o processo é alterado pelo funcionamento de motores, pelo tráfego de caminhões de carga sobre estradas não-pavimentadas, pela circulação de veículos com a carga descoberta, pela perfuração, pela detonação, pelas operações de beneficiamento (britagem, transferência por correias e classificação de brita), pela exposição de pilhas de estocagem; e pelo carregamento do minério em caminhões.

O principal provável impacto ambiental decorrente é o comprometimento da qualidade do ar, que pode acarretar problemas respiratórios, principalmente em populações vizinhas ao empreendimento; no caso das partículas se depositarem sobre a vegetação, pode haver interferência na respiração vegetal (Figura 31).

Fonte: Tânia de Oliveira Braga.

Figura 30 - Observação de uma mancha iridescente indicando a presença de óleo sobre a água, próximo a uma draga de mineração de areia

Fonte: Tânia de Oliveira Braga.

Figura 31 - Vista da área de uma mineração de rocha para brita, onde se observa, à esquerda, a vegetação coberta de partículas sólidas provenientes da área dos britadores

K) Propagação de ondas sonoras

O som é uma vibração acústica capaz de provocar sensação auditiva. O ouvido humano normal escuta sons dentro da banda de freqüência contida entre 20 e 20.000 Hz. Nível sonoro, por sua vez, corresponde à sensação de volume do som, em um dado ponto, sendo expresso em decibéis (dB) (Lambert, 1995).

O incômodo causado pelo som é, por natureza, um fenômeno subjetivo, dependente de fatores fisiológicos, físicos e psicológicos. Entretanto, existem níveis de tolerância a partir dos quais passa a existir risco para o organismo humano (Besenval; Gambelli, 1992). O som considerado desarmônico é chamado de ruído.

Lambert (1995) apresenta uma correlação entre nível de som e efeitos na saúde humana (Quadro 6).

Os infra-sons e os ultra-sons, embora não percebidos pelo ouvido humano, podem apresentar, também, riscos ou incômodos ao homem.

Em geral, dependendo do nível, os efeitos para a saúde humana dos sons acima dos níveis de tolerância e dos infra e ultra-sons são: fadiga auditiva (fenômeno reversível); surdez (fenômeno irreversível); elevação de tensão arterial; alteração nos ritmos cardíaco e respiratório; cãibras; espasmos; hipertonia; redução do campo visual; redução na percepção de cores; deterioração importante da visão noturna após 5 minutos de exposição a mais de 100 dB (entre 50 e 5.000 Hz); perturbação do sono; e irritabilidade.

As operações da mineração que podem alterar esse processo são: a detonação; a britagem; e o transporte de minério e rejeito.

O principal provável impacto ambiental decorrente da alteração da propagação de ruído é o dano à saúde.

Quadro 6 - Relação entre o nível de som e os efeitos na saúde

Nível do som x (dB)	Efeito sobre a saúde humana
$x > 180$	Ação mortal (ruptura dos alvéolos pulmonares).
$140 < x \leq 155$	Distúrbios psicológicos apreciáveis, fadiga suportável por pessoas em boas condições físicas, se a exposição for de curta duração (2 minutos).
$120 < x \leq 140$	Distúrbios psicológicos passageiros apreciáveis, fadiga suportável por pessoas em boas condições físicas mesmo se a exposição for longa (várias horas).
$x \leq 120$	Ação não danosa para uma exposição de curta duração (algumas dezenas de minuto), ação psicológica e reação às exposições prolongadas desconhecidas.

Fonte: Lambert (1995).

L) Potencialização e desencadeamento de sismos

Entende-se por potencialização e desencadeamento de sismos o processo de geração de condições litológicas e estruturais com acúmulo de energia passível de ser liberada e transmitida por ondas mecânicas ou por deslocamento de blocos ao longo de descontinuidades rochosas, gerando tremores súbitos (sismos).

A operação de mineração que pode alterar este processo é a detonação realizada para o desmonte de maciços rochosos.

Os principais prováveis impactos ambientais decorrentes de alteração neste processo são: (1) rachaduras em edificações; (2) desconforto físico; e (3) ferimentos/mortes por queda de blocos, dentro da própria cava, instabilizados pela detonação.

6.2.2 Processos do Meio Biótico Passíveis de Alteração

A) Desenvolvimento da vegetação

O desenvolvimento da vegetação consiste no seu crescimento e reposição natural.

As operações da mineração que podem alterar esse processo são a instalação de equipamentos e o decapeamento.

O principal provável impacto ambiental decorrente é a perda de hábitat para a fauna, acarretando perda de abrigo e quebra na cadeia alimentar.

B) Desenvolvimento da fauna

O desenvolvimento da fauna abrange aspectos como reprodução, alimentação e deslocamento de representantes da fauna.

As operações da mineração que podem alterar esse processo são aquelas relativas à perda de hábitat, as que geram ruído e as que implicam o deslocamento de caminhões e outros equipamentos.

Os principais prováveis impactos ambientais decorrentes na alteração desse processo são: morte de representantes da fauna por atropelamento; morte de representantes da fauna por destruição de ninhos e tocas; e incômodos à fauna pela propagação de ruído.

6.2.3 Processos do Meio Antrópico Passíveis de Alteração

A) Trânsito

O trânsito consiste no deslocamento de veículos em vias de acesso (estradas e ruas) para trabalho e lazer.

As operações da mineração que podem alterar esse processo são: o transporte do produto; o transporte de insumos para uso na mineração; e o transporte de funcionários.

Os principais prováveis impactos ambientais decorrentes da alteração nesse processo são: contribuição no aumento de ocorrência de congestionamentos; contribuição no aumento da ocorrência de acidentes de trânsito, cujas conseqüências podem variar de simples incômodos até ferimentos e óbitos; e danos a pavimentos.

B) Percepção ambiental

De acordo com Rio e Oliveira (1996), entende-se percepção ambiental como um processo mental de interação do indivíduo com o meio ambiente que se dá por mecanismos perceptivos propriamente ditos e, principalmente, cognitivos. Os primeiros são dirigidos pelos estímulos externos, captados pelo cinco sentidos, onde a visão é o que mais se destaca. Os segundos são aqueles que compreendem a contribuição da inteligência, admitindo-se que a mente não funciona apenas a partir dos sentidos e nem recebe essas sensações passivamente; existem contribuições ativas do sujeito ao processo perspetivo desde a motivação até decisão e conduta. Esses mecanismos cognitivos incluem motivações, humores, necessidades, conhecimentos prévios, valores, julgamentos e expectativas.

As operações da mineração que podem alterar esse processo são aquelas que alteram a paisagem, como o decapeamento e o beneficiamento.

O principal provável impacto ambiental decorrente da alteração nesse processo é proporcionar uma imagem negativa do empreendimento.

6.3 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

Consideram-se as seguintes medidas de controle ambiental: medidas de mitigação, medidas compensatórias e medidas de monitoramento.

Todos os impactos citados no item 6.2 podem ser mitigados, compensados e monitorados visando o controle ambiental da mineração.

Assim, são apresentadas, neste item, as principais medidas de controle ambiental, para cada impacto ambiental citado.

Saliente-se que, os impactos ambientais que são resultantes de outros impactos ambientais foram agrupados para facilitar a indicação das medidas de controle ambiental.

6.3.1 Medidas Necessárias para o Controle de Impactos Decorrentes de Alterações no Meio Físico

As medidas de controle ambiental foram agrupadas de acordo com os prováveis impactos ambientais decorrentes de alterações em processos do meio físico, provocadas pelas operações da mineração, citadas no subitem 6.2.1.

A) Medidas para controle da aceleração do processo erosivo

A aceleração do processo erosivo influi na alteração do processo deposição de sedimentos ou partículas e este, por sua vez, contribui com a alteração do processo inundação.

Neste caso, controlando-se o processo erosão pela água, por meio da adoção de medidas de mitigação e monitoramento, controlam-se os processos deposição de sedimentos ou partículas e inundação.

Para o controle ambiental, têm-se quatro medidas de mitigação e quatro de monitoramento.

- **Medidas de mitigação**
  - realizar o decapeamento concomitante ao desmonte; retirar o solo imediatamente após a retirada da vegetação; instalar sistema de drenagem, a montante da área decapeada, para disciplinamento do escoamento das águas superficiais; e limpar periodicamente os elementos do sistema de drenagem;
  - retirar de forma discriminada o solo orgânico, estocá-lo em leiras de no máximo 1,5 m de altura e 2 m de largura e revesti-los com leguminosas forrageiras. Este solo será retomado para ser utilizado em trabalhos de recuperação;
  - estocar os demais horizontes de solo, também para uso futuro, em leiras com no máximo 1,5 m de altura e 2 m de largura. Misturar a este solo a vegetação removida no decapeamento. Cobrir as leiras com leguminosas forrageiras. Este solo também será retomado para ser utilizado em trabalhos de recuperação;
  - planejar a lavra (areia, caulim e argila) de forma a possibilitar o retaludamento, a instalação de sistema de drenagem e a revegetação concomitantes ao avanço das escavações;
  - construir corpos de bota-fora em locais não sujeitos a inundações; instalar sistema de drenagem superficial; e implantar cobertura vegetal no corpo de bota-fora, preferencialmente concomitantes à sua construção. Um método interessante consiste na construção de um cinturão inicial limitando o espaço que será preenchido por rejeito (solo), definindo-se a base do bota-fora e o seu alteamento seguindo, em outro nível, a mesma operação; e
  - construir o corpo de barragens de rejeito em local não sujeito à inundação; proteger as superfícies do corpo da barragem de rejeito por meio da instalação de sistema de drenagem e de cobertura vegetal; realizar a manutenção do sistema de drenagem por meio de sua desobstrução periódica (retirada de sedimento, restos vegetais, entre outros); e realizar a manutenção da cobertura vegetal por meio da utilização de adubos e corretivos do solo, quando necessários, e a substituição de mudas que não se desenvolvam adequadamente.

➢ **Medidas de monitoramento**

- acompanhar a realização do decapeamento; verificar periodicamente o desempenho do sistema de drenagem, por meio da observação de indícios de escoamento de água fora do sistema (por exemplo, sulcos paralelos às canaletas indicam falha no sistema); e verificar periodicamente o sistema de drenagem para detectar locais que necessitem de limpeza;
- acompanhar sistematicamente o avanço das escavações, para verificar a conformidade das operações de lavra e de recuperação, ao plano operacional elaborado;
- acompanhar, nos corpos de bota-fora, o desempenho tanto do sistema de drenagem (por exemplo, linhas de fluxo de água ao lado de canaletas ou escadas de água indicam que há falha no sistema de drenagem) como da cobertura vegetal (crescimento, identificação de deformidades e outras anomalias); e observar periodicamente as condições do sistema de drenagem para programar a sua limpeza; e
- observar o desempenho do sistema de drenagem das barragens de rejeito; realizar vistoria periódica dos elementos do sistema para identificar eventuais obstruções; e acompanhar o desenvolvimento da vegetação, observando seu ritmo de crescimento e a presença de deformidades e anomalias.

B) Medidas de controle de perdas de sedimento ou partículas sólidas a partir de bacias de rejeitos líquidos, do beneficiamento e do transporte de polpas

Da mesma forma que a aceleração do processo erosivo, o extravasamento de bacias de rejeito líquido, as perdas no processo de beneficiamento (decantação em tanques, peneiramento, decantação em silos, hidrociclonagem, filtroprensagem e secagem) e os vazamentos em dutos de transporte de polpa implicam o maior aporte de sedimento para cursos d'água, podendo causar turvamento da água e assoreamento do canal e, conseqüentemente, favorecendo a ocorrência de inundações.

Para o controle ambiental, devem ser consideradas dez medidas de mitigação e oito de monitoramento.

➢ **Medidas de mitigação**

- utilizar a água industrial (desmonte e beneficiamento) em circuito fechado. No caso de desmonte hidráulico, a água resultante do beneficiamento pode ser clarificada e reutilizada no desmonte;
- no caso de minerações que utilizam água no processo produtivo, instalar e manter barragem de rejeitos líquidos para decantação das partículas sólidas antes de sua liberação para o meio externo;
- instalar sistema de captação e condução da água que escoa pelo vertedouro da barragem de rejeito para um tanque de decantação;

- instalar pátios de estocagem em local não sujeito à inundação;
- instalar e manter sistema de drenagem das águas pluviais nos pátios de estocagem que conduza as águas pluviais para tanque de decantação antes de sua liberação para o meio externo;
- manter tanques baixos desassoreados, para evitar o seu transbordamento;
- afastar a extremidade de tubulações da borda de tanques escavados no solo, para evitar desbarrancamentos que contribuem para o assoreamento do tanque e, conseqüentemente, para o extravasamento de seu conteúdo;
- realizar a manutenção periódica de dutos e canaletas de transporte de polpas, com correção/substituição de trechos que apresentam vazamentos;
- utilizar dutos para transporte de polpas na transposição de cursos d'água; e
- utilizar suportes esparsos para sustentar dutos e canaletas de transporte de polpas, para evitar a retenção de água que ocorre quando eles são dispostos diretamente sobre a superfície do terreno.

➢ **Medidas de monitoramento**

- verificar periodicamente o sistema de reutilização da água em circuito fechado, para identificar eventuais perdas;
- verificar periodicamente o encaminhamento das polpas rejeitadas, para identificar eventuais perdas;
- verificar periodicamente o sistema de captação e condução da água proveniente do vertedouro de barragens de rejeito, para identificar eventuais perdas;
- verificar, particularmente em época de chuvas intensas, o desempenho do sistema de drenagem das pilhas de estocagem;
- verificar periodicamente a situação dos tanques baixos, para identificar a necessidade de desassoreamento;
- observar periodicamente dutos e canaletas, para identificar pontos de vazamento;
- verificar periodicamente os elementos que transpõem cursos d'água, para identificar vazamentos; e
- verificar periodicamente as condições físicas dos suportes que sustentam dutos e canaletas.

C) Medidas de controle da ocorrência de escorregamentos e queda de blocos

Para o controle ambiental, podem ser adotadas dez medidas de mitigação e quatro de monitoramento.

➢ **Medidas de mitigação**

- realizar o desmonte prioritário dos taludes instáveis de frentes de lavra em atividade;
- realizar o abatimento de taludes definitivos da cava visando sua estabilidade;
- realizar trabalhos de estabilização de taludes fora do empreendimento, quando a deflagração do processo for motivada por detonações;
- remover, na frente de lavra, os blocos de rocha instáveis;
- conhecer previamente as características geológico-geotécnicas do terreno que será utilizado como fundação de corpos de bota-fora e barragens de rejeito;
- preparar o terreno de fundação de corpos de bota-fora e barragens de rejeito por meio da retirada da vegetação (com destocas) e do solo superficial orgânico (que pode ser utilizado na recuperação de áreas a serem revegetadas);
- instalar drenos subterrâneos em corpos de bota-fora, para evitar a formação de lençol d'água no seu interior;
- realizar o dimensionamento hidráulico cuidadoso da barragem de rejeito antes de sua instalação;
- não instalar corpos de bota-fora sobre cursos d' água; e
- realizar a manutenção do sistema de drenagem de corpos de bota-fora, e barragens de rejeito por meio da desobstrução periódica (retirada de sedimentos, restos vegetais, dentre outros).

➢ **Medidas de monitoramento**

- acompanhar a estabilidade de corpos de bota-fora e barragens de rejeito, por meio da observação de indícios de processos de escorregamento (trincas e abatimento de superfícies);
- acompanhar a estabilidade de corpos de bota-fora e barragens de rejeito, quando necessário, com instrumentos (por exemplo, piezômetros e marcos topográficos);
- verificar periodicamente o desempenho dos drenos subterrâneos dos corpos de bota-fora. Caso o local de saída esteja sempre seco, o dreno pode não estar funcionando (instalação inadequada, "entupimento"); e
- observar periodicamente as condições do sistema de drenagem dos corpos de bota-fora e das barragens de rejeito para programar a sua limpeza.

D) Medidas de controle da alteração na movimentação das águas em subsuperfície

Para o controle ambiental, podem ser adotadas três medidas de mitigação e três de monitoramento.

➢ **Medidas de mitigação**

- aprofundar os poços de abastecimento de água vizinhos ao empreendimento, que tiverem seu nível rebaixado em função do desmonte. Recompor o revestimento do poço, caso a perda da captação seja decorrente da elevação do nível d'água subterrâneo;
- apoiar a irrigação de áreas de agricultura afetadas pela queda de produtividade, em função da diminuição de umidade do solo, decorrente do rebaixamento do nível freático, devido à operação. Uma forma de apoio, por exemplo, é o fornecimento de água;
- apoiar com irrigação de áreas com cobertura vegetal nativa afetadas pela diminuição de umidade do solo; e
- avaliar a disponibilidade hídrica do lençol d'água subterrâneo onde é feita a captação, para realizar o bombeamento segundo volumes adequados.

➢ **Medidas de monitoramento**

- acompanhar a variação de nível d'água nos poços até o estabelecimento de um novo patamar de equilíbrio;
- questionar diretamente os vizinhos sobre o desempenho da medida de mitigação adotada;
- acompanhar os resultados da irrigação em áreas de cobertura vegetal nativa; e
- verificar periodicamente a quantidade de água bombeada no poço.

E) Medidas de controle da alteração no processo escoamento das águas em superfície

Para o controle ambiental, têm-se duas medidas de mitigação e uma de monitoramento.

➢ **Medidas de mitigação**

- avaliar a disponibilidade hídrica do curso d'água onde é feita a captação, para realização do bombeamento segundo volumes adequados; e
- evitar a instalação de corpos de bota-fora ou outro tipo de estrutura em linhas de escoamento da água superficial.

➢ **Medida de monitoramento**

- verificar periodicamente a quantidade de água bombeada.

F) Medidas de controle da alteração no processo interações físico-químicas e bacterianas na água e no solo

Para o controle ambiental, podem ser adotadas 15 medidas de mitigação e 12 de monitoramento.

➢ **Medidas de mitigação**

- acoplar sistema de drenagem ao piso de alvenaria da área das oficinas, inclusive no local das unidades de abastecimento;
- instalar caixa coletora de óleos para o tratamento das águas residuais provenientes da oficina (pisos e lavadores);
- manipular de forma cuidadosa óleos combustíveis e lubrificantes;
- realizar a manutenção preventiva dos veículos, para evitar vazamentos inesperados;
- utilizar caminhão-comboio, para o abastecimento *in situ*;
- acondicionar o óleo usado em tambores, para reaproveitamento no próprio empreendimento ou por terceiros;
- privilegiar a instalação de tanques de óleo combustível em superfície acondicionado dentro de uma estrutura de alvenaria (piso e mureta) de tamanho suficiente, para reter a capacidade total do tanque, em caso de rompimento;
- tratar dos sedimentos retirados de caixas coletoras, para descontaminação. Sugere-se o tratamento tipo *landfarming*, que consiste em misturar solo aos sedimentos contaminados e realizar o gradeamento periódico da mistura, sobre uma superfície impermeável, acoplada a um sistema de drenagem, com o objetivo de que ocorra uma degradação natural da substância oleosa;
- caso o sedimento contaminado não seja tratado no empreendimento, encaminhá-lo para empresa autorizada pelo órgão ambiental competente, que deverá realizar o descarte de forma adequada;
- descartar de forma adequada os panos e estopas sujos de óleos e graxas;
- dispor as sucatas em local com piso revestido acoplado a sistema de drenagem que encaminhe efluentes para a caixa coletora de óleo;
- utilizar sistema de tratamento dos dejetos de instalações de higiene com fossa séptica, construída de acordo com a norma NBR 7229 (ABNT, 1993b), caixa de distribuição, filtro anaeróbio e caixa de inspeção;
- realizar a seleção do lixo gerado no empreendimento (separação de vidros, papéis, plásticos e metais do lixo orgânico), com vistas ao aproveitamento econômico e minimização de resíduos a serem dispostos no meio ambiente;
- descartar de forma adequada o lixo, no caso de ausência de coleta pelo serviço de limpeza pública;
- implantar proteções sanitárias (cerca, laje superficial, cimentação na porção superior da perfuração, altura adequada da boca e tampa) nos poços de captação de água subterrânea, ainda na etapa de construção do poço, e por meio de reformas, quando possível; e

- realizar a manutenção preventiva dos motores utilizados nas captações de água.

➢ **Medidas de monitoramento**

- verificar periodicamente o desempenho do sistema de drenagem do piso da oficina, para identificar eventuais manchas de óleo fora da estrutura;
- verificar periodicamente o trabalho dos funcionários na manipulação de substâncias poluentes;
- verificar periodicamente os registros de manutenção dos veículos e observar os próprios veículos, quando guardados na garagem, para detectar eventuais vazamentos;
- verificar periodicamente o descarte de óleo usado;
- verificar o desempenho da caixa coletora de óleo, por meio da análise periódica da água tratada nesse sistema;
- verificar periodicamente o tanque de estocagem de óleo combustível e a estrutura retentora;
- verificar de forma táctil-visual os sedimentos tratados em *landfarming*;
- verificar periodicamente, a autorização fornecida pelo órgão ambiental competente à empresa contratada para o descarte de sedimentos contaminados com óleos;
- verificar periodicamente a adequação do descarte de estopas e panos sujos com produtos poluentes;
- analisar periodicamente a água dos poços e cursos d'água próximos às fossas sépticas, para verificar o nível de contaminação;
- verificar periodicamente o sistema adotado para o aproveitamento econômico do lixo;
- verificar periodicamente o sistema adotado para o descarte do lixo; e
- verificar periodicamente os registros de manutenção do motor que executa o bombeamento, nas captações de água, e observá-los, para detectar possíveis vazamentos.

G) Medidas de controle da aceleração dos processos erosão eólica e circulação de partículas e gases na atmosfera

Partes das medidas são as mesmas indicadas para o controle de erosão pela água. Para o controle ambiental, considerando os demais casos, podem ser adotadas oito medidas de mitigação e nove de monitoramento.

➢ **Medidas de mitigação**

- realizar a perfuração da rocha, no caso de minerações que realizam detonação, a úmido ou com perfuratriz com coletor de pó;

- realizar a detonação quando o vento não estiver soprando no sentido de edificações vizinhas (residências, escolas, etc.);
- realizar aspersão de água sobre o material fragmentado imediatamente após a detonação;
- instalar barreira vegetal entre a área da cava e as áreas com edificações e com mata nativa, ao redor da área de beneficiamento e ao redor de pilhas de estocagem;
- realizar a aspersão de água sobre os blocos de rocha na entrada do britador e nos pontos de transferência das correias;
- realizar a aspersão de água sobre os acessos não-pavimentados situados no interior do empreendimento e no acesso ao empreendimento;
- realizar a manutenção periódica de todos os equipamentos existentes no empreendimento de acordo com orientação do fabricante; e
- estabelecer procedimento para que caminhões saiam do empreendimento com a carga coberta.

➢ **Medidas de monitoramento**

- verificar periodicamente, por observação direta, a eficiência da perfuração a úmido ou da perfuratriz com coletor de pó;
- verificar periodicamente a direção do vento, por exemplo, por meio de "birutas", antes da detonação;
- verificar periodicamente, por observação direta, a eficiência do umedecimento dos blocos de rocha detonados;
- verificar periodicamente, por observação direta, o desempenho das barreiras vegetais situadas ao redor da área da cava, da área de beneficiamento e das pilhas de estocagem;
- verificar periodicamente, por observação direta, a eficiência da aspersão de água na britagem e nos pontos de transferência da correias;
- verificar periodicamente, por observação direta, o desempenho da aspersão de água sobre os acessos não-pavimentados;
- verificar periodicamente os registros de manutenção dos equipamentos;
- verificar periodicamente, de forma direta, os equipamentos em funcionamento, para detectar os casos de emissão excessiva de partículas sólidas e gasosas para a atmosfera; e
- verificar periodicamente se os caminhões saem do empreendimento com a carga coberta.

H) Medidas de controle da propagação de ondas sonoras

Para o controle ambiental, podem ser adotadas cinco medidas de mitigação e duas de monitoramento.

➢ **Medidas de mitigação**

- instalar barreira acústica entre o empreendimento e as edificações vizinhas, tais como espesso cinturão vegetal (cerca de 30 m de largura) e leiras construídas com fragmentos rochosos ou solo;
- realizar detonação em horários fixos;
- comunicar aos vizinhos eventuais mudanças no horário;
- instalar barreiras acústicas ao redor das principais fontes de ruído. Existem exemplos de britadores enclausurados; e
- adotar, nos equipamentos em que for possível, acessórios para redução de ruído. Por exemplo: existem peneiras emborrachadas.

➢ **Medidas de monitoramento**

- realizar periodicamente medições do nível de ruído; e
- questionar os vizinhos sobre o desempenho das medidas adotadas.

l) Medidas de controle da propagação de sismos

Para o controle ambiental, podem ser adotadas duas medidas de mitigação e duas de monitoramento.

➢ **Medidas de mitigação**

- realizar os dimensionamentos dos planos de fogo a partir do conhecimento detalhado das propriedades do explosivo, tais como velocidade de detonação, força, formação de gases e sensibilidade; e das características da rocha, como fraturamento, densidade e presença de água; e
- reparar rachaduras em edificações vizinhas ao empreendimento, quando estas forem causadas por detonações.

➢ **Medidas de monitoramento**

- dialogar periodicamente com os vizinhos ao empreendimento para identificar possíveis reclamações quanto à propagação de vibrações; e
- perguntar diretamente ao proprietário de edificações que necessitaram de reparos se ele ficou satisfeito com o resultado.

6.3.2 Medidas Necessárias para o Controle Ambiental de Alterações e Fatores do Meio Biótico

As medidas de controle ambiental foram agrupadas em dois grandes grupos, como foram considerados os fatores do meio biótico.

A) Medidas de controle do desenvolvimento da vegetação

Para o controle ambiental, podem ser adotadas três medidas de mitigação, uma compensatória e quatro de monitoramento.

- **Medidas de mitigação**
  - não remover a vegetação em períodos de procriação de animais silvestres; particularmente, no caso de aves, quando ninhos estiverem com ovos ou filhotes;
  - remover a vegetação apenas no local de decapeamento e nas áreas de instalação de equipamentos e edificações; e
  - no decapeamento, remover a vegetação de acordo com o avanço das escavações.
- **Medida compensatória**
  - recompor, com vegetação nativa, áreas desprovidas de cobertura vegetal situadas no interior ou no exterior do empreendimento, com as mesmas dimensões das áreas desmatadas em função do processo produtivo.
- **Medidas de monitoramento**
  - verificar periodicamente os registros das datas de decapeamento, para identificar possíveis datas inadequadas sob o ponto de vista da procriação de animais silvestres;
  - acompanhar a remoção de vegetação, para que a retirada seja restrita ao planejado e aprovado pelos órgãos competentes;
  - acompanhar o decapeamento, para que a vegetação seja retirada de acordo com o avanço das escavações; e
  - acompanhar o desenvolvimento da vegetação recomposta como medida compensatória.

B) Medidas de controle do desenvolvimento da fauna

No que tange à destruição de ninhos e tocas, cabem as medidas citadas no item anterior. Quanto ao ruído, consideram-se as mesmas medidas citadas no item 6.3.2.H. Para o controle ambiental, podem ser adotadas, ainda, uma medida de mitigação e uma de monitoramento.

- **Medida de mitigação**
  - colocar placas nos acessos, em trechos onde circulam animais, alertando os motoristas para trafegarem com baixa velocidade.
- **Medida de monitoramento**
  - registrar a ocorrência de eventuais atropelamentos de animais silvestres por caminhões do empreendimento, tanto fora como dentro do empreendimento.

6.3.3 Medidas Necessárias para o Controle Ambiental de Alterações em Fatores do Meio Antrópico

As medidas de controle ambiental foram agrupadas em dois grandes grupos, como foram considerados os fatores do meio antrópico.

A) Medidas para o controle do deslocamento em vias de acesso

Para o controle ambiental, podem ser adotadas duas medidas de mitigação e duas de monitoramento.

- **Medidas de mitigação**
  - estabelecer sistema de orientação aos motoristas para que eles trafeguem com os caminhões em baixa velocidade, particularmente próximo a aglomerações urbanas; e
  - executar reparos no pavimento da estrada de acesso ao empreendimento.
- **Medidas de monitoramento**
  - realizar periodicamente enquete nas aglomerações urbanas para verificação quanto à velocidade dos caminhões; e
  - percorrer periodicamente a estrada de acesso ao empreendimento para verificar suas condições de trafegabilidade e identificar trechos que necessitam de reparos.

B) Medidas de controle da percepção ambiental

Para o controle ambiental, podem ser adotadas uma medida de mitigação, uma compensatória e duas de monitoramento.

- **Medida de mitigação**
  - implantar barreiras vegetais de forma a servir de anteparo visual, pelo menos, a partir de estradas mais próximas ao empreendimento.
- **Medida compensatória**
  - melhorar o aspecto visual de uma área de uso público do município no qual está inserido o empreendimento.
- **Medidas de monitoramento**
  - percorrer periodicamente as estradas mais próximas, para verificar, a partir delas, o aspecto visual do empreendimento; e
  - acompanhar as melhorias realizadas em área de uso público.

CAPÍTULO 7

Recuperação de Áreas Degradadas

7.1 OBRIGATORIEDADE E RESPONSABILIDADE

A legislação brasileira estabelece que "*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*" (artigo 225, parágrafo 2º da Constituição Federal). O disciplinamento da matéria - Decreto nº 97.632 (Brasil, 1989) - prevê a elaboração de Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (Prad), a ser submetido à aprovação do Poder Público, por parte de todos os empreendimentos de mineração, inclusive aqueles anteriores à introdução do dispositivo constitucional.

Embora a responsabilidade pela execução da recuperação seja sempre do empreendedor, o Poder Público municipal deve sempre participar do processo, sobretudo em vista da necessidade de assegurar a compatibilidade entre o uso futuro da área e os instrumentos de planejamento municipal (Plano Diretor, zoneamento, lei de uso do solo, vetores de urbanização, definição de áreas públicas, áreas protegidas, entre outros).

No contexto urbano, a recuperação tende a assumir um papel especial, podendo conferir à mineração o desempenho de importante função social:

- conter a degradação ambiental, durante o funcionamento; e
- compatibilizar o encerramento das atividades com necessidades públicas ou privadas de uso do solo, como na instalação de aterros sanitários, disposição de sedimentos dragados, construção de conjuntos habitacionais, áreas de lazer, entre outros.

De fato, cavas secas ou inundadas geradas por mineração podem alcançar, ao final da vida útil do empreendimento, profundidades da ordem de 30 a 40 m e extensões de algumas centenas de metros, chegando, em certos casos, até a quilômetros. Com a desativação ou o abandono da mina, essas cavas, como as situadas em planícies aluvionares, acabam geralmente sendo invadidas pelas águas superficiais e subterrâneas, formando pequenos lagos sem qualquer função urbana e, ainda, sujeitos à degradação ambiental acelerada, em razão do lançamento inadequado de resíduos domésticos e industriais. Do mesmo modo, áreas de mineração situadas em regiões de morros, morrotes ou colinas tendem a estar sujeitas a pro-

cessos de degradação intensos e de grande magnitude, como erosão, escorregamentos, assoreamento, entre outros. Dependendo da dimensão, tais processos tendem a retardar ou mesmo inviabilizar a possível utilização futura dessas áreas.

Não obstante, apesar da situação de degradação existente em diversas áreas de mineração desativadas ou abandonadas, há uma crescente tendência no sentido de ocupá-las. Contudo, isso tem sido feito geralmente de forma desordenada, irregular e até clandestina, como demonstram os depósitos de resíduos domésticos, da construção civil e industriais, bem como as habitações de baixa renda instaladas em muitos desses locais, freqüentemente gerando situações de risco.

O problema tem sido atenuado em zonas rurais e remotas, especialmente em minas médias e grandes, em face de soluções de revegetação, normalmente empregadas com bastante eficácia. No entanto, às vezes, necessitam ser acompanhadas de outras medidas complementares, especialmente as de natureza geotécnica e, eventualmente, remediação de áreas contaminadas, o que pode atribuir certa complexidade aos trabalhos de recuperação.

7.2 REABILITAÇÃO COMO PRESSUPOSTO

A análise dos diversos aspectos envolvidos na recuperação de áreas degradadas requer o entendimento prévio de alguns conceitos básicos, como os de *degradação*, *recuperação* e *reabilitação*.

7.2.1 Degradação

Especialmente dedicado à mineração, o trabalho de Willians et al. (1990) admite que *"a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico forem alterados",* sendo que a *degradação ambiental "ocorre quando há perda de adaptação* (do solo) *às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento socioeconômico"*.

No quadro da normalização técnica brasileira, a *degradação do solo* é apontada pela NBR 10703 como a *"alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento quanto os potenciais"* (ABNT, 1989). Todavia, em outra norma, a NBR 13030, específica para mineração, definem-se *áreas degradadas* como *"áreas com diversos graus de alteração dos fatores bióticos e abióticos, causados pelas atividades de mineração"*, mantendo a noção de alteração, porém sem vinculação com o uso do solo (ABNT; CVRD, 1993).

As normas legais mais elucidativas e abrangentes expressam o conceito de *degradação da qualidade ambiental* como a *"alteração adversa das características do meio ambiente"* - artigo 3º, inciso II da Lei Federal nº 6.938 (Brasil,

1981) e, no caso da mineração, a *degradação* como os *"processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais"* - Decreto nº 97.632 (Brasil, 1989).

Enfim, o conceito de *degradação* parece estar sempre associado à noção de alteração ambiental gerada por atividades humanas e considerada adversa, o que, no contexto municipal e urbano, tende a incluir os efeitos negativos ao uso do solo em face de sua função efetiva, planejada ou potencial (Bitar, 1997).

7.2.2 Recuperação e Reabilitação

A normalização técnica brasileira sintetizou diversos conceitos presentes na literatura nacional e internacional até meados da década de 80, estabelecendo a seguinte distinção: *restauração do solo,* em que são reproduzidas as condições existentes na área antes de sua perturbação, salientando que a completa restauração é rara ou até impossível; *recuperação do solo*, como *"processo de manejo do solo no qual são criadas as condições para que uma área perturbada, ou mesmo natural, seja adequada a novos usos"* (ABNT, 1989), devolvendo o equilíbrio dos processos ambientais atuantes anteriormente; e *reabilitação do solo*, como *"forma de recuperação do solo em que uma área perturbada é adequada a um uso determinado, segundo um projeto prévio*" (ABNT, 1989.). Admite-se que esses usos podem ser comercial, industrial, habitacional, agrícola, conservação ambiental, recreativo, lazer, cultural, entre outros.

A norma técnica NBR 13030, específica sobre mineração e editada no início dos anos 90, contempla exclusivamente o conceito de *reabilitação*, definindo-o como o *"conjunto de procedimentos através do qual se minimizam os impactos bióticos e abióticos causados pelas atividades de mineração, de acordo com planejamento preestabelecido"* (ABNT; CVRD, 1993).

A legislação federal brasileira menciona que o objetivo da recuperação é o *"retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente"* - Decreto nº 97.632 (Brasil, 1989), o que incorpora o conceito de *reabilitação* ao de *recuperação* contidos na NBR 10703 (ABNT, 1989), este último mais abrangente e, talvez por isso, mais usualmente empregado. Além disso, expressa seu objetivo primordial, ou seja, a perspectiva de atingir a estabilidade do ambiente.

Buscando-se um entendimento apropriado ao contexto das cidades, a recuperação de áreas degradadas por mineração pode ser considerada como um processo que compreende os procedimentos e medidas necessários à rápida estabilização do ambiente e à progressiva instalação de um uso do solo previamente definido. O objetivo primordial deve ser a estabilidade ou equilíbrio da área em relação ao meio circunvizinho. Para isso, o uso pós-mineração proposto deve estar em conformidade

com as condições ambientais e culturais da circunvizinhança e, ainda, ser produtivo, gerenciável e potencialmente sustentável. Portanto, a estabilização ambiental de uma mineração em meio urbano ou metropolitano constitui-se como um objetivo a ser alcançado preferencialmente em curto prazo, enquanto a instalação e consolidação do uso do solo (reabilitação) pressupõe uma perspectiva de resultados a serem obtidos em médio e longo prazos (Bitar, 1997).

7.3 PRAD: INSTRUMENTO BÁSICO

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - Prad é o instrumento técnico-gerencial e legal que estabelece o conjunto de métodos e técnicas aplicáveis à contenção da degradação em cada área específica, bem como à preparação para um novo uso, após o término da atividade extrativa. Considera as particularidades locais relacionadas ao tipo de mineração e ao ambiente físico, biótico e antrópico no qual se insere cada empreendimento.

O Prad pode desempenhar, ao mesmo tempo, o papel de instrumento de planejamento e de negociação, sendo potencialmente capaz de integrar e compatibilizar, durante os procedimentos de elaboração e análise, soluções que atendam às intenções do empreendedor, às preocupações e necessidades da comunidade e às missões e atribuições dos órgãos públicos envolvidos, sejam estes federais, estaduais ou municipais.

A aprovação do Prad deve propiciar a implementação imediata das medidas planejadas, incluindo as que se destinam a preparar a instalação do uso futuro da área. A execução completa do Plano, incluindo as ações de monitoramento e manutenção das medidas executadas, pressupõe o acompanhamento da recuperação por parte da comunidade e dos órgãos públicos até a consolidação do uso do solo pós-mineração.

A observação das características de projetos bem sucedidos de recuperação de áreas degradadas por mineração em países desenvolvidos (Dietrich, 1990) permite destacar os seguintes aspectos comuns:

- os planos de uso do solo pós-mineração consideram o ambiente natural e cultural da região;
- os objetivos da recuperação e do uso do solo pós-mineração são bem definidos;
- o responsável pelas operações no sítio geralmente mantém uma atitude pró-ativa em relação aos trabalhos de recuperação;
- a recuperação é conduzida concomitantemente à mineração; e os usos do solo pós-mineração são gerenciáveis e sustentáveis.

7.4 MINAS ATIVAS E ABANDONADAS

As minerações ativas, em funcionamento permanente ou intermitente, devem estar legalmente regulares, tanto no âmbito federal (DNPM) e nas prefeituras

municipais, quanto nos órgãos ambientais (inclusive aqueles ligados às prefeituras), estes comumente centralizados na esfera estadual (a SMA, no caso de São Paulo). Os empreendimentos devem ter plano de lavra, estudo de impacto ambiental (EIA) ou relatório e plano de controle ambiental (RCA, PCA), bem como o Prad, aprovados. Esses documentos devem conter todo o planejamento técnico das atividades da lavra, de controle ambiental e de recuperação, além do cronograma físico-financeiro de execução das atividades, tendo em vista a vida útil estimada para o empreendimento.

Por sua vez, as minas desativadas ou abandonadas compreendem áreas em que a atividade se encontra encerrada há muitos anos; não abrigam um uso do solo definido e tampouco apresentam evidências de que a extração possa ser retomada. Às vezes, são adotadas formas temporárias ou provisórias de uso, como áreas para disposição de resíduos em geral, pátios de obras ou campos de futebol. Algumas dessas áreas, como aquelas pertencentes aos antigos proprietários das empresas de mineração, encontram-se sob permanente vigilância e protegidas contra invasões ou descargas clandestinas de resíduos por cercas ou muros de concreto. Porém, em decorrência de questões fundiárias, boa parte das áreas de antigas minas se encontra vulnerável a processos de degradação e não contam com Prad aprovado.

Contudo, há áreas abandonadas nas quais se observa regeneração espontânea de vegetação, especialmente em setores onde prevalecem condições mínimas favoráveis à recolonização vegetal, incluindo sua proximidade às fontes de propágulos (Vasconcelos, 2000).

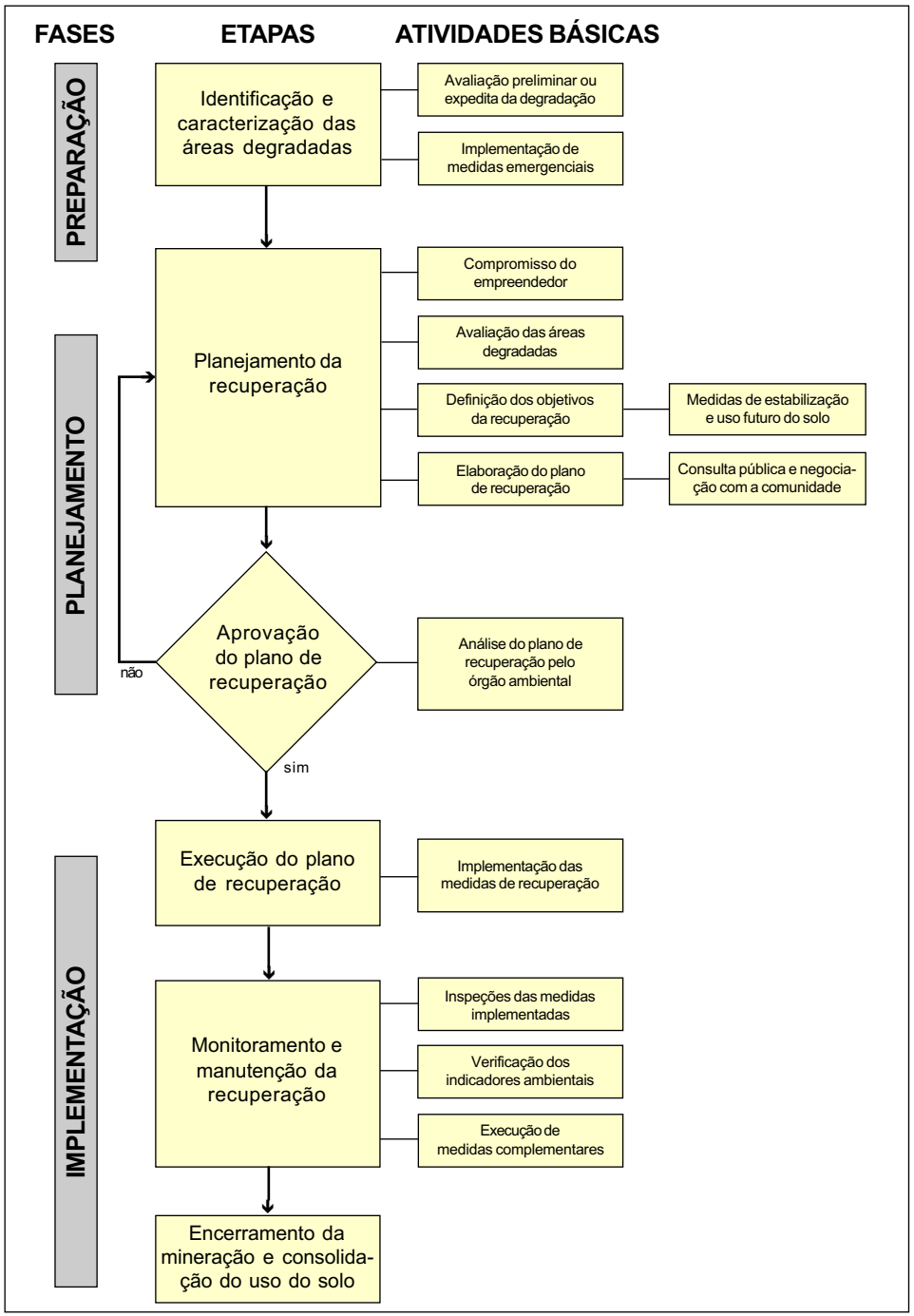
7.5 ATIVIDADES DE RECUPERAÇÃO

Os procedimentos e atividades que envolvem a recuperação de áreas degradadas por mineração têm variado, de acordo com cada caso ou experiência realizada. Geralmente, contemplam abordagens interdisciplinares, reunindo e integrando o conhecimento de diferentes campos do conhecimento humano, como administração, agronomia, arquitetura, biologia, economia, engenharia, hidrologia, geografia, geologia, medicina, química, sociologia, entre outros, tal como ocorre em qualquer outra temática relacionada à busca de soluções integradas para problemas urbanos e ambientais. A partir da identificação e avaliação preliminar de uma área degradada, compreendem basicamente o planejamento da recuperação, a execução do plano de recuperação elaborado e a realização do monitoramento e manutenção das medidas implementadas.

Considerando os variados aspectos que se aplicam ao contexto municipal (como no caso de empreendimentos no Estado de São Paulo), a Figura 32 apresenta as fases, etapas e atividades básicas que devem orientar os trabalhos de recuperação, tendo em vista, inclusive, determinações legais.

7.5.1 Avaliação de Áreas Degradadas

Em qualquer trabalho de recuperação, a primeira atividade corresponde à identificação e caracterização dos processos de degradação atuantes e a análise



Fonte: Bitar (1997), modificado.

Figura 32 - Fases, etapas e atividades básicas na recuperação de áreas degradadas por mineração, considerando empreendimentos instalados especialmente em regiões urbanas

de suas conseqüências ambientais. A avaliação deve contemplar, entre outros aspectos, a análise dos riscos à saúde e segurança das comunidades eventualmente afetadas e/ou ameaçadas, bem como aos usos do solo circunvizinhos. A consulta a essas comunidades é fundamental nesta atividade, de modo a obter informações importantes para uma avaliação completa da degradação e seu histórico.

No caso de mineração de agregados em regiões urbanas, uma avaliação preliminar e expedita das áreas degradadas pode ser suficiente para obter uma estimativa da ordem de grandeza dos trabalhos e custos de recuperação, considerando-se apenas a estabilização dos processos do meio físico, como erosão, escorregamentos e assoreamento de cursos d'água locais (Vasconcelos et al., 1996).

A avaliação inicial deve identificar, enfim, os processos de degradação instalados e os impactos ambientais decorrentes. Dependendo do grau ou estágio atingido pela degradação e da magnitude dos impactos, medidas emergenciais podem ser necessárias, como o isolamento da área degradada, a remoção das comunidades eventualmente ameaçadas, a instalação de um sistema de sinalização e alerta na área, entre outros.

7.5.2 Planejamento da Recuperação

O planejamento pode ser resumido nos seguintes procedimentos básicos:

a) estabelecimento do compromisso do empreendedor, em geral com o órgão ambiental e, em alguns casos, também com as outras partes interessadas, para viabilizar os trabalhos de recuperação;

b) avaliação detalhada da área degradada (no caso da avaliação inicial ou expedita não ter sido suficiente), envolvendo a identificação dos processos de degradação, identificação dos impactos ambientais existentes e definição dos indicadores ambientais;

c) definição dos objetivos da recuperação, compreendendo o estabelecimento dos resultados ou metas a serem alcançados em curto e médio prazos e a definição do uso pós-mineração; e

d) elaboração de um plano ou projeto de recuperação, compreendendo a escolha dos métodos e técnicas que serão empregados na recuperação, descrição dos procedimentos e medidas que serão adotados, formulação de um programa de monitoramento e manutenção das medidas implementadas, análise do uso pós-mineração ante outras alternativas de uso futuro da área; estabelecimento de um cronograma dos trabalhos e previsão dos recursos humanos, materiais e financeiros que serão necessários.

A tomada de decisão sobre o uso futuro da área deve levar em conta a relevância técnica, social e legal das alternativas propostas, bem como os custos e prazos envolvidos na sua implementação (Cairns Junior, 1986). O planejamento da recuperação no caso de agregados deve considerar, ainda, os planos de desenvolvimento da região ou município em que a atividade mineral se localiza (Martins, 1995).

Estudos desenvolvidos em vários países revelam que os custos das medidas de recuperação são sensivelmente reduzidos quando, desde o início da lavra até a fase de desativação, estabelece-se um projeto de recuperação da área, em que alguns aspectos operacionais influentes podem ser ressaltados: remoção e armazenamento da cobertura vegetal e da camada superficial do solo; aterros, material de empréstimo, contenção de taludes, terraplenagens e acabamento final das frentes de lavra; reposição da camada de solo fértil; e revegetação (São Paulo, 1982). Podem ser aproveitados, ainda, os equipamentos utilizados na movimentação de terra, para construir a paisagem desejada, tendo em vista que a remobilização dessas máquinas se tornará muito cara, posteriormente à desativação do empreendimento (Arnould, 1989).

7.5.3 Métodos e Técnicas de Recuperação

A recuperação de áreas degradadas envolve a definição de estratégias ou métodos de recuperação e a escolha das medidas a serem implementadas. O dimensionamento das medidas deve ser balizado pela avaliação da degradação realizada anteriormente e pelos indicadores e parâmetros ambientais utilizados. Quanto maior a defasagem entre os valores dos parâmetros obtidos na área degradada e os desejados, tanto por estratégias específicas de quem está empreendendo a recuperação quanto por exigências legais, maiores certamente serão os recursos que deverão ser alocados para o ajuste (redução, aumento ou eliminação dos valores dos parâmetros).

A escolha dos métodos requer análise cuidadosa das alternativas tecnológicas disponíveis, dos custos envolvidos e da provável eficácia que as medidas terão na correção ou estabilização da degradação. Considerando apenas as medidas de recuperação, cujo objetivo é assegurar a estabilidade do ambiente a curto ou médio prazo, têm-se três categorias distintas: medidas de revegetação; medidas geotécnicas; e remediação. Apesar de ocuparem categorias distintas pelo campo do conhecimento ao qual estão associadas, são comumente aplicadas de modo combinado.

7.5.3.1 Medidas Geotécnicas

Podem envolver desde a execução de medidas simples, como a movimentação de terra para correções na geometria de terrenos, até obras de engenharia relativamente complexas, envolvendo a instalação de estruturas físicas de contenção ou retenção, sendo aplicadas amplamente no controle de processos do meio físico que atuam na degradação do solo. Há uma grande variedade de medidas, como terraplenagem, sistemas de drenagem e retenção de sedimentos, barragens ou diques de bacias de disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de taludes de cortes e em corpos de bota-fora, entre outras (Ibram, 1992).

Estudos sobre diretrizes para a recuperação de áreas degradadas por minerações de areia na Região Metropolitana de São Paulo, desenvolvidos pelo IPT e sintetizados em Bitar (1990), resultaram na indicação de diversas medidas voltadas

principalmente à estabilização de processos do meio físico, cuja abordagem se dá segundo os diferentes contextos geológicos, geomorfológicos e de uso do solo em que a atividade mineral se realiza, envolvendo, inclusive, análise de riscos à circunvizinhança, relacionados a rupturas de taludes de lavra (Augusto Filho et al., 1992).

Algumas medidas têm sido objeto de normas técnicas aplicadas ao controle ambiental e à recuperação de áreas degradadas por mineração, como as da norma NBR 13028, que trata da "Elaboração e apresentação de projeto de disposição de rejeitos de beneficiamento, em barramento, em mineração" (ABNT; CVRD, 1993). Fixam-se as condições exigíveis para atender especificidades de segurança, higiene, operacionalidade, economia, abandono e minimização dos impactos ambientais, dentro dos padrões legais e de outras normas correlatas, como a NBR 10004 ("Resíduos sólidos - Classificação") e a NBR 10157 ("Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação - Procedimento"), além de normas internacionais (ABNT, 1987a; 1987c).

Do mesmo modo, em outra norma, a NBR 13029, sobre "Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril, em pilha, em mineração" (ABNT; CVRD, 1993), fixam-se as condições exigíveis para estéreis gerados na lavra a céu aberto ou subterrânea, visando atender aos aspectos de segurança, higiene, operacionalidade, economicidade, abandono e minimização dos impactos ambientais, dentro dos padrões legais e de normas como a NBR 10006 - "Solubilização de resíduos - Procedimento" (ABNT, 1987b).

A seguir, com base em Bitar (1997) e Vasconcelos (2000), descrevem-se, sucintamente, algumas das medidas comuns.

A) Terraplenagem, em áreas desativadas ou abandonadas

Compreende a realização de terraplenagem simples, redesenhando superfícies topográficas irregulares existentes na área da mineração. Envolve confecção de superfícies muito diferentes daquelas existentes no período pré-mineração. Configura o remodelamento da paisagem, de modo a obter uma superfície esteticamente harmoniosa em relação ao meio circundante. Tem sido praticada com a finalidade de atenuar o impacto visual e reduzir a possibilidade de deflagração de processos erosivos (laminar ou linear), estabilizando os terrenos e tornando as áreas aptas a um novo uso. Às vezes, visa também fornecer material de empréstimo, especialmente solos, para a execução de obras auxiliares, no âmbito do próprio empreendimento.

B) Remoção dirigida de estéreis para preenchimento de cavas desativadas, em áreas ativas

Envolve a remoção de partes estéreis e horizontes de solo superficial e orgânico, utilizando-os no preenchimento de cavas desativadas ou abandonadas. Tem a finalidade de auxiliar na recomposição da topografia do terreno, bem como reduzir volumes beneficiados, aumentar a vida útil de bacias de rejeito instaladas e,

eventualmente, dispor de material de empréstimo para colocação no mercado. A eficácia da medida depende dos volumes obtidos. Em minerações de argila aluvionar, a camada de estéril retirada na operação de decapeamento pode ser utilizada com outros materiais, no preenchimento parcial de cavas abandonadas (Figura 33).

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 33 - Cava resultante de extração de argila, preenchida com material estéril e posteriormente completada com solo superficial e areia por meio de aterro hidráulico (Mogi das Cruzes-SP)

C) Disposição de rejeitos em cavas desativadas, em áreas ativas

Em alguns tipos de minerações, o rejeito do beneficiamento pode também ser lançado em cavas de antigas frentes de lavra. Porém, os volumes costumam ser insuficientes, bem como devem ser verificadas e corrigidas eventuais condições desfavoráveis em face de características do rejeito (como pH baixo). Em áreas de mineração de areia abandonadas, como as observadas na região da Bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo, a alternativa de preenchimento de parte da cava com rejeitos constituídos de silte e argila foi utilizada, quando da atividade mineira, em aproximadamente 30% dos casos. Do mesmo modo que na disposição de estéreis, esta medida tende a ser bem sucedida nos casos em que é implementada de modo concomitante e sincronizada às atividades de decapeamento, lavra e disposição dos materiais estéreis. Em termos de volumes disponíveis, na mineração de rocha ornamental, esta medida é muito recomendada, uma vez que o volume de rejeitos varia de 20 a 50% do volume extraído.

D) Transposição de rejeitos de bacias de decantação para cavas desativadas, em áreas ativas

Compreende a retirada de rejeitos acumulados em bacias de decantação e sua transposição para áreas lavradas; deve ser adotada nos casos em que há dificuldade de ampliação ou abertura de novas bacias de rejeitos, por razões econômicas ou legais, com a conseqüente necessidade de liberar volume útil nas bacias existentes. Como decorrência, transferem-se os rejeitos para áreas lavradas, de modo a auxiliar a estabilização desses locais. É executada por meio de bombeamento hidráulico, condução em mangueiras e disposição em áreas lavradas (Figura 34), formando uma sucessão de novas e pequenas bacias de rejeito, submetidas às medidas de estabilização das barragens e revegetação espontânea (gramíneas) da superfície final. A medida tende a ser bem sucedida em médio e longo prazos, considerando-se também o desenvolvimento e a consolidação da vegetação instalada.

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 34 - Transposição de rejeitos dispostos em bacias e lançamento em áreas lavradas, por meio de bombeamento hidráulico (Guarulhos-SP)

E) Retaludamento de frentes de lavra desativadas ou abandonadas

Durante a lavra, em especial as que utilizam o método do desmonte hidráulico, as cavas permanecem, por longos períodos, com taludes irregulares, subverticais, por vezes negativos, devido ao método de lavra, que induz o desmonte desorganizado dos terrenos naturais. Em alguns setores, no entanto, de acordo com o plano de lavra, o desmonte cessa depois de um determinado período, fazendo com que parte

da cava alcance a conformação próxima da final. Nessa fase, é possível realizar o retaludamento, cujo objetivo é gerar taludes estáveis, por meio da construção de bermas e taludes intermediários, da instalação de sistemas de drenagem e da cobertura com solo e proteção superficial, normalmente representada por gramíneas, tendo sido, no entanto, observada colonização por espécies arbóreas, nativas e/ou exóticas, em algumas áreas. Para ser efetiva, esta medida deve ser precedida de estudos de estabilidade, que irão resultar, após simulações e eventuais retroanálises, na geometria mais favorável à estabilidade para os taludes desativados.

F) Retaludamento em barragens de rejeitos desativadas ou abandonadas

À semelhança das frentes de lavra, o retaludamento em barragens de rejeitos desativadas ou abandonadas envolve movimentação de terra, de modo a corrigir feições erosivas em taludes já construídos, ou a regularização de taludes instáveis, apresentando ou não feições de movimentação de massas (escorregamentos e rastejos, principalmente). Do mesmo modo, deve ser precedido de estudos de estabilidade, em especial se já ocorreram eventos desse tipo no local. Eventualmente, os estudos poderão indicar a necessidade de utilização de outro tipo de solo que não o próprio rejeito, para recompor ou compor os taludes. Em seguida à construção de taludes estáveis, deve-se instalar o sistema de drenagem, na base e no topo, ou ainda, se a barragem for de grande porte, nas bermas e taludes intermediários (canaletas transversais e longitudinais, em terra ou pré-moldadas), solo superficial e a proteção superficial por cobertura vegetal, de gramíneas ou arbóreas, as últimas na superfície da bacia de decantação e nas bermas.

G) Estabilização de bota-foras, em áreas ativas ou abandonadas

Encontrada principalmente em pedreiras, esta medida compreende a construção organizada de bota-foras ou depósitos de estéril em pilhas de grande porte, seguida de cobertura com solo e revegetação. Tem a finalidade de confinar e estabilizar os grandes volumes de estéril gerados, bem como os blocos rochosos que não se enquadram nos requisitos de produção (Figura 35).

Executa-se pelo carregamento do material em caminhões e lançamento em encostas de morros ou morrotes, formando bancadas de dimensões variadas ou em talude único. Deve ocorrer a conformação da geometria das pilhas, visando pequenas alturas e grandes áreas ocupadas, de modo a conferir maior segurança e estabilidade aos bota-foras, já que sua constituição é heterogênea, podendo conter grandes blocos rochosos. Para bom resultado, deve ser precedida de medidas adicionais, como a escavação dos solos superficiais que circundam a área que se destina ao depósito e sua disposição lateral, espalhamento dos materiais com equipamentos de terraplenagem, recobrimento com os solos escavados da fundação e, finalmente, revegetação. Contudo, a dificuldade maior para a execução plena deste tipo de procedimento é justamente a disponibilidade de áreas planas e de extensões compatíveis com os volumes disponíveis.

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 35 - Construção de bota-fora em bermas e taludes, contendo sistema de drenagem e revegetação (Embu-SP)

H) Instalação de sistemas de drenagem em frentes de lavra desativadas ou abandonadas

Ainda sobre retaludamento, podem ser instaladas canaletas de drenagem (em terra ou pré-moldadas) previamente dimensionadas, nas bermas (transversais) e nos taludes (longitudinais), bem como dispositivos de dissipação de energia hidráulica, tais como escadas d'água, onde necessárias, de modo a conduzir a água para fora do maciço a ser estabilizado, para que não ocorra o efeito de sobrecarga no talude final, fazendo-o perder essa estabilidade. Em seguida, deve-se cobrir a superfície, com solo superficial, de preferência da própria área, enriquecido com leguminosas e, finalmente, proteção superficial por meio de cobertura vegetal.

I) Instalação de sistemas de drenagem em barragens de rejeitos ativas, desativadas ou abandonadas

Durante sua operação, muitas barragens de rejeitos desenvolvem feições erosivas (sulcos) em seus taludes externos, resultantes da ação de águas pluviais, o que representa uma ameaça à sua segurança e estabilidade. A medida tem, portanto, a finalidade de aumentar o coeficiente de segurança da barragem e assegurar a sua estabilidade. É executada por meio de movimentação de terra, com a instalação de sistemas de drenagem baseados exclusivamente na conformação inclinada da superfície de topo da barragem, às vezes seguida de captação e desvio das águas

pluviais. Em alguns casos, a medida é complementada pela revegetação dos taludes da barragem, podendo ser usadas espécies exóticas. A medida pode ser considerada bem sucedida, quando são associados dispositivos de dissipação de energia, como escadas hidráulicas, para redução da velocidade das águas pluviais.

J) Instalação de sistemas de drenagem e retenção de sedimentos na área de mineração

Compreende a instalação de sistemas de drenagem para captação e desvio das águas pluviais na área do empreendimento, bem como para retenção dos sedimentos mobilizados. Tem a finalidade de atenuar o potencial erosivo das águas pluviais, evitando que os sedimentos transportados atinjam cursos d'água situados a jusante e produzam assoreamento, entre outros efeitos, como a degradação da qualidade das águas. Requer a instalação de sistemas de drenagem adicionais, envolvendo a construção e interligação de novas canaletas. Os sistemas são instalados nas frentes de lavra, unidades de beneficiamento e áreas de bota-foras. Compreendem, ainda, caixas intermediárias de sedimentação e dissipação de energia, confeccionadas em alvenaria e estruturas de concreto (tendo a maior dimensão no sentido da drenagem), canaletas perimetrais dispostas em toda a área da mineração e, eventualmente, bacias ou lagos pequenos de decantação construídos no limite máximo, a jusante da área da mineração (Figura 36). Nesses últimos, as bacias ou lagos devem apresentar sistemas extravasores, visando eliminar o excesso de água em momentos de chuvas intensas.

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 36 - Lago artificial construído a jusante do empreendimento, para retenção de sedimentos provenientes da área da mineração (Mairiporã-SP)

A medida tende a ser mais bem sucedida quando são adotadas canaletas revestidas, no leito e laterais, ou ainda estruturas pré-moldadas de concreto. Porém, o desempenho depende fundamentalmente de periódica conservação e limpeza das canaletas, bem como da retirada dos sedimentos e demais materiais acumulados a cada período chuvoso.

K) Instalação de sistemas de drenagem profunda, em taludes de feições erosivas lineares e de frentes de lavra desativadas ou abandonadas

Trata-se de medida muito importante quando há afloramento do lençol freático (uma ou várias surgências), no contexto de uma erosão ou de um talude de frente de lavra desativada ou abandonada. O projeto de drenagem, para conduzir as águas subsuperficiais, prevenindo ou contendo os processos erosivos, deve ser precedido de levantamentos de dados hidrológicos da bacia de contribuição relativa à erosão ou ao(s) talude(s), levantamento topográfico de detalhe da área de ocorrência da erosão e do(s) talude(s), caracterização geotécnica dos solos presentes e caracterização do aqüífero livre ou freático, com entendimento dos fluxos da água subsuperficial (Chassot; Campos citados em Vasconcelos, 2000). A partir dos dados básicos citados, é possível conceber o projeto de contenção da erosão ou de estabilização do(s) talude(s), que além de incluir a drenagem profunda, nas feições erosivas e nos taludes, envolve retaludamento, drenagem superficial e revegetação, de modo a se tornar efetivo.

L) Remoção de blocos rochosos instáveis, em frentes de lavra desativadas ou abandonadas

Compreende a remoção dos blocos rochosos que se encontram em situação instável, tanto os que são gerados em detonações nos taludes finais de pedreiras e que, por isso, apresentam-se com formatos irregulares, quanto os matacões de frentes de lavra de minerações de areia expostos pelo desmonte hidráulico, na zona de transição entre o solo e o embasamento rochoso. Tem a finalidade de evitar a queda desses blocos ou matacões e eliminar os riscos a eles associados. Pode ser executada, na maioria dos casos, com o uso de ferramentas manuais, como alavancas de ferro forjado, com cerca de 1,5 m de comprimento, exigindo procedimentos extremamente cautelosos. Aplicável em minerações de brita, deve ser realizada nos períodos em que a produção se encontra temporariamente paralisada, preferencialmente em fins de semana ou feriados, requerendo a participação dos mesmos profissionais envolvidos no cotidiano das atividades de lavra.

M) Estabilização de taludes marginais, em lagos remanescentes

Consiste na execução de cortes suavizados nos taludes marginais de lagos remanescentes, relativos a cavas secas ou inundadas, seguido de revegetação, como em minerações de areia ou argila situadas em planícies aluviais (Figura 37). Tem a

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 37 - Vista de um abatimento ou suavização de talude marginal emerso, em lago remanescente de antiga cava em planície aluvionar (Biritiba-Mirim-SP)

finalidade de estabilizar a porção emersa de taludes marginais, atribuindo-lhes melhores condições de resistir ao embate de ondas geradas pelo vento e atenuando o impacto visual produzido à distância. Deve ser realizada, onde possível, por meio de máquinas, como retroescavadeiras, tendo seu acabamento final feito com o emprego de ferramentas manuais. A inclinação final dos taludes é variável, podendo-se situar em torno de 1 V: 1,5 H, nos setores entre o curso d'água e a cava da mineração.

N) Recuperação do nível d'água, em cavas desativadas ou abandonadas

Muito comum ao final da escavação, a operação é às vezes desejável, principalmente quando se pretende recuperar uma área com cava profunda. No entanto, essa alternativa de uso para a cava, ou seja, um lago que normalmente se transforma em parte de uma área de lazer, em especial quando se trata de antigas minas em áreas urbanas, requer geralmente a adoção de medidas que devem preceder a interrupção do bombeamento e a recuperação do nível d'água. A preparação deve envolver o retaludamento, a retirada de blocos instáveis, de vegetação, de sucatas de equipamentos que eventualmente estejam dispostas, enfim, de todos os obstáculos na cava que possam ser a causa de acidentes graves no futuro, sobretudo quando o uso da área envolver atividades de lazer. Por fim, deve ocorrer a regularização das futuras margens do lago, em que os taludes devem ser abatidos de forma a proporcionar um acesso suavizado para a superfície da água. Deve

envolver, portanto, uma movimentação de terra, prevista em projeto. Em relação à biota, não se deve esperar que ocorra colonização espontânea, por parte da flora e fauna aquáticas, uma vez que as condições de temperatura e luminosidade, à medida que se aprofunda no lago, impossibilitam o ambiente de abrigar vida e biodiversidade. Ao contrário, poderá ocorrer a proliferação indesejável de algas e bactérias anaeróbias, que deixarão o lago inútil, sob o ponto de vista das atividades de lazer pretendidas. Nesse sentido, o ideal é preencher a cava com rejeitos ou com resíduos inertes e solo, até que se obtenha uma profundidade mínima necessária para o repovoamento da biota. Além disso, deve haver proteção em toda a sua margem e acesso restrito ou controlado ao lago, quando se tratar de área de lazer. Outra função da atividade de recuperação do nível d'água é a formação de um lago para controle de cheias, retomando-se, em parte, no contexto de várzeas ou planícies de inundação, a função original da área.

O) Remoção de depósitos de assoreamento, em cursos e corpos d'água interceptados ou localizados a jusante de áreas de mineração ativas ou abandonadas

Esta medida é corretiva, relacionada a processos significativos de erosão e movimentação de massas a montante, que possam ter ocorrido na área de lavra ou de disposição de rejeitos. Associa-se a processos ocorridos após longo período de exposição de áreas instáveis e descobertas, a montante. A remoção dos depósitos pode se dar por meio da utilização de dragagem tradicional e/ou *draglines*, quando os depósitos estão submersos, ou ainda retroescavadeiras simples. O material deverá ser encaminhado a bota-foras ou depósitos de resíduos sólidos inertes adequadamente construídos, dentro ou fora da área de mineração ativa ou abandonada. As margens e o fundo do canal devem ser reconformados, de modo que não se altere significativamente sua seção típica, evitando, assim, novos processos erosivos a jusante.

P) Desvio, canalização e/ou retificação de cursos d'água assoreados, em áreas abandonadas

Em alguns casos, não é possível executar o desassoreamento, seja porque os depósitos são de grande porte, seja porque estão amplamente distribuídos a jusante, tendo sido, eventualmente, cobertos de vegetação. Assim, executa-se o desvio, a canalização e/ou a retificação de cursos d'água, de modo que não ocorram impactos ambientais em outros usos do solo, a jusante da área degradada pela mineração. Essas operações têm o objetivo de refazer a calha do rio, córrego ou curso d'água, no local original ou dentro da mesma planície, em local próximo do original. Qualquer uma das alternativas envolve estudos hidrológicos preliminares, relativos à bacia de contribuição, para a escolha do novo traçado, se for o caso, e o dimensionamento da nova calha, que deverá suportar vazões anormais ou fenômenos de cheias, com tempo de recorrência adequado. Em seguida, as margens deverão ser revegetadas, de preferência com espécies nativas de mata ciliar.

Q) Recuperação de terrenos, edificações e/ou reconstrução de poços e cacimbas

Essas medidas são corretivas, relacionadas às operações de lavra e disposição de rejeitos, principalmente em áreas onde ocorre bombeamento (desmonte mecânico ou hidráulico, em cava seca) da água do aqüífero livre ou freático, ou ainda em áreas de relevo cárstico (minerações de calcário e mármore, principalmente). Associam-se a terraplenagem, reconstrução de poços e cacimbas em locais distantes da área de influência do rebaixamento, induzido pelo bombeamento, ou da área de influência dos colapsos e subsidências, área essa que deve ser determinada por meio de investigações sobre fluxos subterrâneos e de estruturas cársticas, sua forma e extensão.

R) Investigação geológico-geotécnica para a instalação do novo uso, em áreas desativadas ou abandonadas

A determinação das características geotécnicas dos solos de fundação, em áreas desativadas ou abandonadas, aliada à caracterização dos fenômenos ou processos do meio físico atuantes (erosões, escorregamentos, assoreamento, entre outros), conduz a indicadores fundamentais para a concepção de projetos de contenção, controle ou prevenção, que irá estabilizar os processos do meio físico, criando-se um substrato adequado para a instalação de um novo uso nessas áreas. Auxilia na determinação, por exemplo, da necessidade de serem instalados aterros compactados ou reforçados, remoção de solos moles, entre outras providências. A nova utilização das áreas deverá influenciar a investigação e o estabelecimento de obras de contenção, uma vez que poderá impor parâmetros mais ou menos rígidos de projeto.

Deverão ser realizados, portanto, levantamentos dos perfis de alteração ou dos solos, ensaios para caracterização pedológica e/ou geotécnica, ensaios SPT (*Standard Penetration Test*), topografia de detalhe das áreas, em especial as de ocorrência dos processos, seções topográficas em taludes e encostas instáveis ou onde se pretende instalar edificações e/ou máquinas e equipamentos, análises de estabilidade, determinação do comportamento das águas superficiais e subsuperficiais (fluxos do aqüífero livre ou freático), a partir de levantamentos de dados hidrológicos da bacia de contribuição das áreas e dados hidrogeológicos (determinação do N.A. - nível d'água - em vários pontos da área, caracterização do aqüífero livre e elaboração de mapas potenciométricos), determinação de parâmetros de qualidade das águas, em especial quando se prevê sua utilização futura, para abastecimento doméstico ou industrial. Esses levantamentos são fundamentais para determinar os locais favoráveis à ocupação, as obras de contenção necessárias, a drenagem superficial e subsuperficial futura, a localização de poços e/ou captações, entre outros aspectos do novo uso.

7.5.3.2 Remediação

Estes métodos envolvem o uso de técnicas de tratamento que visam eliminar, neutralizar, imobilizar, confinar ou transformar elementos ou substâncias contami-

nantes presentes no ambiente e, assim, alcançar a sua estabilidade físico-química. Comumente, as técnicas de remediação compreendem processos químicos, mas, dependendo do caso, podem envolver também processos físicos ou biológicos. No caso da mineração, técnicas de remediação têm sido aplicadas principalmente aos depósitos de rejeitos de beneficiamento, como em bacias de sedimentação no processo produtivo do minério de nióbio, da Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia - CBMM, em Araxá-MG, em que se detectou a presença de bário nas águas subterrâneas a jusante.

Outra situação peculiar à mineração corresponde ao caso de drenagens ácidas provenientes especialmente de minas de minerais metálicos e de carvão, e que têm sido uma das questões ambientais mais importantes, em países como Estados Unidos, Canadá, África do Sul e da Europa, especialmente a partir do encerramento da atividade produtiva (Broughton; Healey, 1992). No Brasil, o problema da drenagem ácida é reconhecido há muito tempo nas regiões carboníferas do sul, especialmente em Santa Catarina, sendo relativamente mais recente a preocupação em minas de ouro, metais básicos e outros minerais, cujos depósitos de estéril contêm sulfetos.

Segundo Ritcey (1995), as medidas de remediação aplicadas à mineração concentram-se especialmente em: *controle da geração de ácidos*, podendo envolver condicionamento, segregação e mistura, bactericidas e aditivos alcalinos, coberturas orgânicas e inorgânicas, selos, deposição subaquática, entre outras*; controle da migração de contaminantes*, com uso de coberturas (barreira ao oxigênio e à infiltração de água, controle de erosão) e técnicas de deposição; e *coleta, armazenamento e tratamento ativo* (processos químicos e físicos) ou *passivo* (*wetlands*, redução de sulfatos, trincheiras anóxidas) das águas ácidas.

No entanto, Marker et al. (1993) indicam que, no caso do Estado de São Paulo, as atividades de mineração não têm contribuído significativamente para a geração de áreas contaminadas, particularmente quando comparadas às demais atividades econômicas, tais como indústrias metalúrgicas, mecânicas, químicas, farmacêuticas, de plásticos, têxteis, entre outras, o que tende a restringir a aplicação de medidas de remediação. Isso se deve provavelmente às características da mineração no Estado e à predominância na produção de agregados, em que o uso de insumos químicos e a geração de resíduos contendo elementos ou substâncias perigosas são pouco freqüentes. As exceções podem estar em algumas minas de ouro, antigas, pequenas e abandonadas e, no caso de minas ativas, no processo de beneficiamento de alguns empreendimentos de produção de agregados, como os de areia, que podem utilizar substâncias químicas para floculação de argilas em bacias de decantação, ou de caulim, que adicionam, nos tanques de sedimentação, composto de pó de zinco (Zn), ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido fosfórico (H_3PO_4) e dióxido de enxofre (SO_2) objetivando o branqueamento do concentrado por meio de reagentes auxiliares (Chaves, 1996). Nesses casos, reconhece-se o uso de carbo-

nato de sódio (Na_2CO_3) ou barrilha e óxido de cálcio (CaO), nas águas residuárias, visando a correção do pH (IPT, 1991).

A) Tecnologias de tratamento de solos

No caso de solos contaminados, os métodos geralmente envolvem técnicas de tratamento *in situ.* Entre essas, podem ser citadas as principais, de acordo com Wallin (s.d.):

- *biorremediação*, onde microorganismos e nutrientes são utilizados para degradar contaminantes orgânicos, resultando em gás carbônico e água, basicamente. É um processo lento, mas mantém a sanidade biológica do solo;
- *tratamento químico,* no qual os contaminantes são estabilizados ou transformados, por meio de neutralizações, oxidações e reduções. Altera as propriedades biológicas do solo;
- *extração a vácuo*, que serve especialmente para terrenos contaminados por fluidos e óleos de automóveis, porque são substâncias que evaporam facilmente. É um processo que, basicamente, acelera a volatilização e, caso retirados todos os poluentes, as propriedades do solo podem ser recuperadas; e
- *lavagem do solo,* na qual se utilizam processos semelhantes aos do beneficiamento de minérios, consistindo basicamente na separação das substâncias dos componentes do solo, reduzindo suas concentrações e permitindo, inclusive, a aplicação de outras técnicas de remediação. Requer uma unidade de lavagem do solo, mas pode ser realizado *in situ*.

Como a técnica de lavagem do solo tem baixo custo e se assemelha a processos de tratamento de minérios, pode ser amplamente aplicada em minerações cujos solos estejam contaminados por substâncias comuns, entre as quais as relacionadas a efluentes domésticos (menos importantes no caso de contaminação do solo) e a resíduos (como óleos, graxas, combustíveis e lubrificantes). Em síntese, a técnica pode ser dividida nas seguintes etapas:

1) separação do material grosseiro de diâmetro médio maior que 2 mm (cascalho, areia grossa, pedaços de objetos, restos vegetais, etc.). Assume-se que esta fração esteja livre ou pelo menos com uma concentração mínima de contaminantes. A separação se dá por peneiramento, a seco, ou úmido. Pode haver, ainda, nesta etapa, separação magnética para material ferroso;
2) separação, com o uso de ciclones, da fração do solo de diâmetro menor que 30 m, a qual contém a maior concentração de contaminantes;
3) liberação de contaminantes, ou de parte deles, da superfície das partículas de solo, por meio de atrito mecânico, lavagem em tambor, jateamento de alta pressão, entre outros métodos;

4) flotação ou separação por espiral (método gravimétrico). Na flotação, usam-se agentes coletores e depressores. O método gravimétrico é útil para separar a matéria orgânica leve;
5) secagem do solo "limpo" e espessamento dos contaminantes que constituem o sobrenadante do processo de flotação, por exemplo;
6) nova separação magnética (opcional), para retirar restos metálicos do solo lavado, melhorando sua qualidade.

Algumas limitações dessa técnica são citadas por Wallin (s.d.); Schneider (1992) e Langen et al. (1994), quais sejam:

1) os solos contaminados são heterogêneos, em tipos de contaminantes e suas concentrações, o que implicam adaptações freqüentes no processo;
2) a técnica requer estudos prévios de caracterização dos solos contaminados;
3) registros de insucesso da operação, devido a fatores como falta de definição precisa dos tipos de contaminantes dos solos e sua redistribuição no processo de lavagem, bem como a não fixação dos contaminantes nas partículas finas, uma vez que o acesso pode ser impedido, por razões físicas ou físico-químicas;
4) os limites de concentração de metais pesados em solos naturais não são sempre alcançados, podendo os mesmos reagirem durante o processo de separação, formando outros compostos também poluentes, o que não ocorre, por outro lado, com a matéria orgânica, em geral removida com sucesso; e
5) em caso de tratamento de grandes volumes de solo, quando estes são mobilizados para a unidade de lavagem, têm seus componentes voláteis eliminados, podendo causar alterações na qualidade do ar.

B) Tecnologias de tratamento de águas superficiais

No caso das águas superficiais, sedimentos, lodos ou lixiviados, especialmente quando se objetiva restabelecer padrões de qualidade ambiental, devem ser aplicadas técnicas de saneamento, para as quais devem ser instaladas estações de tratamento de água, associadas à rede de tubulações que conduza as águas contaminadas às estações. A aplicação dessas técnicas deve ser precedida de análises detalhadas de amostras de água superficial, definindo-se precisamente os tipos de contaminação presentes e sua origem, de modo a orientar o tratamento, que poderá ou não envolver a adição de substâncias químicas, seja para a precipitação de metais pesados, seja para correção do pH, retirada de óleos e graxas, combustíveis e lubrificantes, entre outros resíduos, incluindo os efluentes domésticos. No caso de ocorrer apenas alteração de parâmetros físicos, como cor e turbidez, um tratamento simples, envolvendo o peneiramento, na entrada da estação, e decantação (com o uso de floculantes, em pequenas concentrações) costuma ser suficiente, de modo que a água possa ser novamente integrada ao meio e utilizada a jusante das áreas de mineração.

C) Tecnologias de tratamento de águas subterrâneas

No caso de águas subterrâneas contaminadas, os métodos geralmente envolvem técnicas de tratamento *in situ*, em que ocorre o bombeamento da água, durante um certo período, o seu tratamento, por meio de técnicas semelhantes às aplicadas para o caso das águas superficiais e a devolução da água ao aqüífero, através de poços de infiltração. Os contaminantes mais comuns são efluentes domésticos e resíduos, como óleos, graxas, combustíveis e lubrificantes. À semelhança com o caso das águas superficiais, o tratamento deverá ser precedido de uma caracterização da qualidade da água do aqüífero contaminado, bem como a definição dos seus fluxos, por meio da construção de piezômetros, coleta e análise de amostras de água, bem como avaliação do N.A., elaboração e análise de mapas potenciométricos, respectivamente.

7.5.3.3 Revegetação

Estes métodos envolvem desde a fixação localizada de espécies vegetais (herbáceas, arbustivas e arbóreas) até a implantação de reflorestamentos extensivos, tanto para fins de preservação ou conservação ambiental quanto para objetivos econômicos, incluindo a geração de condições propícias ao repovoamento da fauna e à regeneração de ecossistemas primitivos ou originais. Para Carcedo et al. (1989), a revegetação sempre desempenha papel importante, pois possibilita a restauração da produção biológica do solo, a redução e controle da erosão, a estabilização dos terrenos instáveis, a proteção dos recursos hídricos e a integração paisagística.

No Brasil, técnicas de revegetação vêm sendo aplicadas há muitos anos, sobretudo a partir do final da década de 70 em minerações de grande porte, como se vê nos trabalhos pioneiros sobre áreas lavradas realizados em minas de bauxita em Poços de Caldas-MG, pela Alcoa Alumínio (Willians, 1984) e em áreas afetadas pelas obras de instalação do projeto de aproveitamento do minério de ferro na Serra dos Carajás (PA) pela Companhia Vale do Rio Doce - CVRD (Freitas et al., 1984). No caso de Poços de Caldas, a revegetação foi precedida de terraceamento, com plantio predominante de mudas de espécies nativas arbustivas e arbóreas ao longo das bermas, protegidas por espécies exóticas (*Eucalyptus saligna* ou *grandis*) ou nativas, como bracatinga (*Mimosa scabrela*), plantadas nas cristas dos taludes; com o tempo, as exóticas são eliminadas para permitir o desenvolvimento das nativas.

Em Carajás, na área da mina de ferro, os trabalhos foram conduzidos segundo a aplicação de duas técnicas de revegetação: hidrossemeadura (aspersão de sementes herbáceas em meio aquoso), visando a proteção e estabilização de cerca de 1.100.000 m^2 de superfícies e taludes de cortes contra a ação erosiva das águas pluviais, consorciando espécies gramíneas de crescimento rápido (*Brachiaria decumbes* e *Melinis minutiflora*) com espécies leguminosas (*Calopogonium mucunoides* e *Centrosema pubescens*); e plantio manual (abertura de covas, adubação orgânica, plantio, coroamento e adubação inorgânica) de cerca de 11.000

mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas, no período entre setembro de 1983 a março de 1984, nas áreas degradadas pelas atividades de terraplenagem do empreendimento (áreas de empréstimo, área industrial da mina e área do acampamento provisório).

Técnicas de revegetação também têm sido aplicadas e desenvolvidas em áreas de depósitos de rejeitos e estéreis, como os experimentos no uso de espécies herbáceas espontaneamente fixadas na área da mineração, visando o controle dos processos de erosão verificados nos taludes dos corpos de bota-fora da mina de amianto da Sama, em Minaçu-GO (Fornasari Filho et al., 1986). As medidas de recomposição vegetal têm sido predominantes em meio aos demais trabalhos de recuperação ambiental executados por minerações, como na CVRD em suas minas de ferro em Itabira-MG, ferro e cobre em Carajás (PA) e ouro em Teofilândia-BA. Destaca-se o uso da técnica de hidrossemeadura em áreas de disposição de estéril e em áreas de empréstimo, com uso de gramíneas e plantio manual de espécies nativas e frutíferas (Cavalcanti, 1996).

Baseado no desenvolvimento de diversas experiências, sobretudo em grandes minas no País e no exterior, o manual de Willians et al. (1990) apresenta diversas técnicas e propõe uma seqüência de atividades para a execução da revegetação em áreas degradadas por mineração: planejamento; obras de drenagem na área a ser lavrada; remoção da cobertura vegetal; decapeamento e abertura da cava (armazenamento da camada fértil do solo e deposição do estéril); lavra e beneficiamento; recomposição topográfica (preenchimento da cava com estéril, rejeito e solo e aspectos paisagísticos); trato da superfície final (colocação da camada fértil do solo, descompactação e correção da fertilidade); controle da erosão; revegetação (preparo do solo, seleção de espécies e plantio ou semeadura); manutenção; monitoramento; e uso futuro do solo.

Para as minerações de agregados utilizados em construção civil, Silva (1995) propõe, para o caso das extrações de areia instaladas em setores considerados por lei como áreas de preservação permanente na região do Vale do Paraíba (SP) a recuperação por meio de revegetação, com base em modelos sucessionais em duas etapas: a primeira, através do plantio de espécies pioneiras e secundárias iniciais, mais agressivas e de rápido crescimento, de modo a propiciar as condições necessárias ao enriquecimento posterior; e a segunda, através do plantio de espécies arbóreas secundárias tardias e climáticas, de modo a aumentar a biodiversidade local e recuperar as áreas de preservação permanente para que cumpram seu papel natural de abrigar a flora e a fauna silvestre, proteger o solo e os recursos hídricos e propiciar a melhoria da paisagem. Nas áreas situadas ao longo da margem do rio, recomendam o plantio misto de espécies nativas. Nas bordas das cavas e outras áreas não consideradas de preservação permanente, sugerem o plantio homogêneo de espécies exóticas na primeira etapa, em razão do baixo custo e maior eficiência na proteção e estabilização do solo.

O papel desempenhado pelo calcário utilizado na correção da acidez do solo, como possível causador dos problemas, é discutido por Weissberg (1995) que constatou, entretanto, o bom desenvolvimento da serapilheira e da vegetação rasteira (capim gordura), sendo esta última controlada com o uso de espécies sombreadoras (leguminosas) que a transformam em adubo verde.

Embora reconhecendo que trabalhos com exóticas podem ter relevância, Griffth et al. (1996) destacam e analisam os resultados de pesquisas com o uso de espécies nativas e propõem uma abordagem alternativa, reformando as práticas atuais com base no que denominam de modelo bioeconômico ideal, executado em duas fases: a primeira, composta de *"rápido crescimento da vegetação em locais degradados e preparados também para receber, posteriormente, propágulos provenientes das comunidades naturais da região e facilitar sua germinação e crescimento em comunidades vegetativas mais evoluídas"*; e a segunda, com *"manipulação da dinâmica sucessional para alcançar uma paisagem auto-sustentável e harmoniosa, de acordo com o uso da terra previsto no programa de recuperação da área"* (Griffth et al., 1996).

A) Instalação de barreiras vegetais

Consiste no plantio alinhado e eqüidistante de mudas de espécies vegetais arbóreas ou arbustivas. Tem sido praticada com a finalidade principal de evitar a percepção humana, eliminando ou atenuando o impacto visual causado pelo contraste entre extensas áreas desnudadas e a circunvizinhança, especialmente sob o ponto de vista de um observador distante e situado em local externo à mineração. Secundariamente, visa também reduzir os incômodos gerados pelo ruído e material particulado em suspensão no ar (poeira) provenientes da mineração, particularmente de unidades de britagem, transporte interno e carregamento do produto em pedreiras, bem como diminuir as possibilidades de arraste eólico, na área do empreendimento. As barreiras podem ser dispostas em linha única de mudas ou em faixa ao longo da divisa entre a área ocupada pelo empreendimento e as propriedades circunvizinhas. As barreiras de faixa são compostas geralmente por duas a quatro linhas paralelas intercaladas ou com disposição aleatória das mudas, com largura não superior a 7 m. Podem ser instaladas no interior da área da mineração, ao longo da margem de vias de circulação interna, às vezes alternando os tipos de espécies vegetais plantadas ou dividindo setores do processo produtivo. Podem ocorrer, ainda, barreiras instaladas fora da área da mineração, as quais compõem faixas com adensamento relativamente maior, em locais de circulação viária, com o objetivo de eliminar ou atenuar o impacto visual causado pelo empreendimento (Figura 38).

O plantio de mudas é manual e geralmente compreende espécies arbóreas exóticas de pinheiro (*Pinus* sp) e eucalipto (*Eucalyptus* sp). Porém, podem ser usadas espécies nativas, apesar de serem menos freqüentes, havendo pouca experiência acumulada que ateste sua eficácia como barreira vegetal. As mudas de espécies

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 38 - Barreira vegetal, em linha única, composta de eucaliptos, instalada na divisa entre a área da mineração e a propriedade vizinha (São Paulo-SP)

arbóreas têm, no momento do plantio, altura variando entre 1 e 2 m, sendo plantadas com auxílio de ferramentas manuais em covas com cerca de 40 cm de profundidade e com espaçamento variando em torno de 5 m. A opção pelas espécies de pinheiro e eucalipto tem sido condicionada não apenas pelo fato de que apresentam características desejáveis ao bom desenvolvimento das barreiras (crescimento muito rápido e pouca exigência às condições de solo e clima), mas também pela facilidade de aquisição no mercado, tanto em termos de disponibilidade como de preço. No caso de opção por espécies nativas, a alternativa tem sido a construção de pequenos viveiros na área da mineração para a própria produção de mudas. Barreiras com espécies arbustivas ou mistas (arbóreas e arbustivas), em especial as últimas, plantadas em faixa, são aplicáveis para minimizar a propagação de ruído e para retenção de material particulado. Têm-se mostrado eficaz apenas nos casos em que as mudas atingem porte superior a 6 m e o adensamento da vegetação propicia sombreamento total da área em que a barreira se encontra instalada ou, ainda nos casos de plantios em faixas, contendo duas ou mais linhas de barreiras.

B) Arborização dispersa da área de mineração

Compreende o plantio de mudas de espécies vegetais arbóreas, distribuídas de maneira aleatória na área do empreendimento. Geralmente, é praticada com a finalidade de atenuar o impacto visual causado pelos contrastes existentes na mineração e

proporcionar um ambiente de trabalho mais agradável. Inclui-se, ainda, particularmente ao longo e proximidades dos limites do empreendimento, o objetivo de evitar invasões e ocupações de terra e, com isso, proteger a propriedade em que a mina está instalada. Pode ser executada por meio de plantio manual e esparso de mudas de espécies arbóreas exóticas, similares às utilizadas na instalação de barreiras vegetais (pinheiro e eucalipto). A idade das mudas exóticas utilizadas no plantio pode variar em torno de 1 a 2 anos, com altura média de cerca de 2 m. As árvores plantadas devem chegar a cerca de 6 a 8 anos e atingir alturas de até 8 m. Em alguns casos, pode-se utilizar espécies nativas. Há notáveis dificuldades de desenvolvimento de mudas em face da ocorrência de solos compactados, sobretudo de mudas de espécies nativas, o que pode ser contornado por revolvimento profundo ou alguma escarificação. Recomenda-se também a prática de proteger o solo da erosão laminar, por meio de cobertura com espécies herbáceas forrageiras, cuja implantação tende a ser muito rápida e eficiente. Outra dificuldade, no caso do plantio em áreas próximas ao limite dos terrenos ocupados pelos empreendimentos, está na ocorrência de incêndios, exigindo o treinamento especial de equipes de prevenção e combate ao fogo.

C) Remoção, estocagem e utilização da camada orgânica do solo superficial, em áreas ativas

Envolve a remoção, estocagem e utilização da camada orgânica do solo superficial ou laterítico, que compreende os horizontes pedológicos O (composto de restos vegetais; também denominada de serapilheira) e A (composto por mistura de matéria orgânica e mineral), com um total comum de cerca de 20 a 40 cm de espessura. Visa utilizar o solo nos trabalhos de revegetação, como na cobertura de áreas lavradas e pilhas de estéreis ou rejeitos, formando a base para a instalação subseqüente de cobertura vegetal. Em frentes de lavra que ainda apresentam cobertura vegetal original e significativa, a remoção do solo deve ser precedida de desmatamento e destocamento. Deve ser realizada concomitantemente às atividades produtivas, iniciando-se durante as operações de decapeamento e lavra, por meio de tratores de esteira e caminhões (Figura 39). Deve ser feita, ainda, a separação entre os horizontes O e A. Há casos em que a separação das camadas de solo orgânico (O e A) não pode ser realizada, em virtude de sua pequena espessura ocorrente, como se verifica em algumas situações de pedreiras instaladas no topo de elevações topográficas. A disposição do solo em local adequado, em leiras de 1 m de altura por 2 m de largura, aproximadamente, bem como o plantio de leguminosas, deve ser considerada quando não há perspectiva de uso do solo, para recuperação de outros setores da área de mineração em curto prazo, com o objetivo de conservá-lo e enriquecê-lo com nutrientes. Normas legais aplicáveis aos casos de mineração de areia por dragagem e por desmonte hidráulico, em cava submersa ou leito de rio no Estado de São Paulo (normas Cetesb D7.010/90 e D7.011/90, respectivamente), indicam o uso de medidas diversas, entre as quais se destacam a *remoção, estocagem e utilização do solo orgânico* (Cetesb, 1990a; 1990b).

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 39 - Vista de uma frente de desmonte, onde se observa, à esquerda, a retirada das camadas orgânica e argilosa do solo superficial - mais escuras - e exposição do material arenoso a ser lavrado - mais claro (São Paulo-SP)

D) Remoção, estocagem e utilização da camada argilosa do solo superficial, em áreas ativas

Compreende a remoção, estocagem e utilização da camada argilosa do solo superficial ou laterítico (correspondente ao horizonte pedológico B), após a retirada da camada orgânica sobreposta. A camada de solo argiloso é aplicada principalmente na construção de barragens, diques, aterros, murunduns e leiras de isolamento, com a finalidade de reforçar ou altear barragens ou diques de bacias de rejeito, melhorando as condições de estabilidade. A remoção deve ser executada de modo similar ao da camada orgânica, sendo que a aplicação do material argiloso deve ser realizada com espalhamento e compactação. Essa camada pode ser também utilizada como base em revegetação, especialmente quando há necessidade de volumes maiores de solo. A estocagem é também similar ao da camada de solo orgânico, geralmente formando duas pilhas de pequeno volume (cada uma com cerca de 1,5 m de altura e variando entre 3 e 4 m de diâmetro), com o objetivo de evitar a esterilização do solo (especialmente no caso do solo orgânico). As pilhas são dispostas em pátios de superfície plana e com declividade muito baixa. Não é usual a cobertura, seja com palha ou lona. Em geral, a pilha permanece descoberta durante períodos curtos de tempo.

E) Revegetação de frentes de lavra desativadas ou abandonadas

Aplica-se após retaludamento de superfícies finais de extração mineral que apresentam declividades altas (geralmente superiores a 20%) e cujo eventual preenchimento com material de empréstimo exige volumes bastante significativos. Caracteriza-se pela execução exclusiva de cortes ou pela combinação de cortes e aterros, em frentes de lavra abandonadas situadas em relevos pouco suaves (morros, morrotes ou colinas) e com presença de solos de alteração ou de rochas sedimentares inconsolidadas. O material de aterro é obtido na própria frente de lavra abandonada. O objetivo é gerar uma sucessão de bermas e taludes, para viabilizar a revegetação. As dimensões geométricas obtidas apresentam muitas variações, sobretudo na relação entre a largura da berma e a altura do talude. Devem oscilar em torno de 1:2, com bermas de cerca de 2 a 3 m e os taludes entre 4 e 6 m. As bermas devem apresentar inclinação transversal negativa, ou seja, o caimento no sentido do interior do maciço rochoso ou terroso, com valores pouco superiores a 2°, o que propicia uma condução mais eficaz das águas pluviais, na base do talude, onde devem ser instaladas canaletas transversais. Após a conformação de bermas e taludes, executa-se a revegetação, por meio de plantio manual de mudas ou de hidrossemeadura. Normalmente, adotam-se espécies arbóreas nas bermas e herbáceas nos taludes, mas pode ocorrer o inverso. Devem ser consideradas a propagação e a fixação natural de mudas, correspondentes a espécies vegetais plantadas manualmente nas bermas (como pinheiro), provavelmente a partir de sementes trazidas por pássaros e pela ação das águas pluviais e do vento. A revegetação instalada auxilia na estabilidade física dos terrenos, desde que precedida de uma correta análise das condições do meio físico em que se realiza o plantio. Isto ocorre particularmente quanto às suscetibilidades, em especial à erosão, determinadas pela natureza dos terrenos expostos e pela ausência ou presença de solos superficiais (solo laterítico ou horizontes pedológicos O, A e B) e solos de alteração (solo saprolítico ou horizonte pedológico C).

F) Reforço e revegetação de barragens de rejeito desativadas ou abandonadas

Consiste no espessamento e alteamento do corpo principal de barragens de rejeito, afetadas por processos localizados de instabilização. Visa atenuar o impacto visual, preservar a integridade da barragem, evitar a instalação de processos erosivos nos taludes externos e, em decorrência, impedir a produção e o fornecimento de sedimentos aos cursos d'água situados a jusante (Figura 40).

O reforço é obtido pela confecção de aterro amplo, disposto imediatamente a jusante do corpo da barragem existente e pelo lançamento e compactação de solos argilosos no topo, formando novas bermas e taludes. Em alguns casos, visando assegurar a estabilidade da barragem em longo prazo, as superfícies das bermas da estrutura de reforço devem ser revegetadas com espécies arbóreas nativas. A revegetação compreende o plantio de espécies vegetais arbóreas, arbustivas e herbáceas, nos

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 40 - Transporte e descarga do solo superficial argiloso (laterítico; horizonte pedológico B) para alteamento e reforço de barragem de rejeito (São Paulo-SP)

taludes internos e externos de barragens e diques de bacias de decantação de rejeitos finos. É especialmente aplicável em barragens que se encontram em fase final de funcionamento. Nos taludes internos das barragens, a execução do plantio ocorre exclusivamente por meio da colocação de gramíneas forrageiras, tanto pelo lançamento manual de sementes quanto pela colocação de placas ou plantio de mudas em touceiras. Nos taludes externos e permanentemente emersos, também deve ocorrer o plantio de gramíneas, sem o acompanhamento de espécies arbóreas, uma vez que podem favorecer a infiltração de águas pluviais, levando à sobrecarga do talude, o que, por sua vez, é causa de rupturas.

G) Revegetação de taludes em acessos e vias internas, ativas ou abandonadas

Abrange o plantio de espécies vegetais herbáceas em taludes de corte existentes em acessos e vias de circulação internas. Tem a finalidade de atenuar o impacto visual, melhorando o ambiente interno de trabalho, bem como reduzir o aporte de sedimentos ao sistema de drenagem existente. A execução pode utilizar técnicas de hidrossemeadura ou de plantio manual de espécies herbáceas, estas últimas por meio de colocação de gramíneas em placas ou touceiras (Figura 41).

H) Revegetação de taludes marginais em lagos remanescentes

Esta medida tem a finalidade de atenuar o impacto visual, auxiliar na estabilidade obtida nos trabalhos de regularização e retaludamento das margens dos lagos, bem

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 41 - Revegetação em execução com placas de herbáceas (gramíneas) em talude de via de circulação interna (Itapecerica da Serra-SP)

como propiciar acesso seguro ao lago, em futuras áreas de lazer. A revegetação deve ser feita com plantio manual de gramíneas, em placas ou touceiras, precedida de estabilização e regularização, com eventual abatimento de altura dos taludes marginais.

l) Revegetação em bermas e taludes rochosos, em frentes de lavra ativas ou abandonadas

Compreende o plantio de espécies vegetais nas bermas de bancadas de pedreiras. Tem a finalidade principal de atenuar o impacto visual ocasionado pela exposição das bancadas finais e, localmente, contribuir para a estabilização dos taludes rochosos. Deve ser executada pelo plantio manual de mudas de espécies arbóreas na superfície das bermas, na linha entre essas e os taludes, além de herbáceas forrageiras e trepadeiras na base dos taludes. Envolve a colocação de solo na superfície da berma, inicialmente com uma camada de solo de alteração (solo saprolítico ou horizonte C) de cerca de 30 cm de espessura e, sobreposta, outra de solo superficial argiloso (horizonte B) com 30 a 40 cm, seguido do plantio. As mudas de herbáceas, como hera ou tumbeja, são plantadas diretamente no solo colocado. Para as arbóreas, adiciona-se uma camada de solo preparado nas instalações do viveiro de mudas, resultante da mistura de solo orgânico (solo superficial ou horizonte pedológico A), adubo orgânico (adubo de curral) e fertilizante inorgânico fosfatado. Não há sistema de drenagem. Com o tempo, pode-se esperar

pelo sucesso da revegetação, particularmente das trepadeiras, ou mesmo das espécies arbóreas e arbustivas, essas na linha entre bermas e taludes, auxiliando na atenuação do impacto visual. Uma variação desta medida, em bancadas de pedreiras, está no remodelamento do perfil das bancadas finais, com a colocação de uma base de aterro (solo de alteração ou horizonte pedológico C), seguida de uma camada de solo superficial (horizonte pedológico A e B) e plantio de herbáceas forrageiras em placas no topo e semeadura manual no restante do talude. Esta medida está vinculada às mudanças no plano de lavra e, dependendo das condições de drenagem no aterro, pode apresentar bons resultados (Figura 42).

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 42 - Remodelamento setorizado do perfil de bancadas finais, com colocação de aterro (solo de alteração), cobertura de solo superficial e plantio de gramíneas em placas (Mairiporã-SP)

J) Revegetação em solos de alteração de rocha, em áreas ativas ou abandonadas

Trata-se de medida em caráter experimental, com plantio planejado e exclusivo de espécies arbóreas nativas diretamente sobre terrenos com solos de alteração (solo saprolítico ou horizonte pedológico C) expostos. Tem a finalidade de revegetar áreas abandonadas no empreendimento e atenuar o impacto visual. A medida se fundamenta no plantio aleatório ou espacialmente pouco adensado de mudas, manejo individual e adubação constante, às vezes com material orgânico proveniente de compostagem de lixo urbano. As mudas de nativas utilizadas devem corresponder a espécies que ocorrem em áreas de mata natural da região. As incertezas de sucesso da aplicação da medida estão relacionadas à velocidade de recuperação em face das condições do solo saprolítico, bem como à possível contaminação do solo e das mudas por metais presentes no composto de lixo urbano utilizado.

K) Proteção e manejo da vegetação remanescente, em áreas ativas ou abandonadas

Compreende as ações voltadas à proteção e conservação de áreas de mata situadas no contexto ocupado pela mineração. Estimuladas pela necessidade de atender a exigências legais comumente requeridas pelos órgãos ambientais, essas ações visam também compensar o impacto visual causado pelas áreas degradadas, tanto sob o ponto de vista externo quanto interno. Deve ser executada por meio da identificação, definição e proteção das porções de matas remanescentes, bem como pela aplicação de técnicas de manejo florestal.

L) Indução e manejo da revegetação espontânea, em áreas ativas ou abandonadas

Consiste na submissão e controle de áreas degradadas a processos espontâneos ou naturais de fixação e desenvolvimento de vegetação arbórea, arbustiva ou herbácea. Tem a finalidade de revegetar áreas abandonadas no empreendimento. Pode ser aplicada em antigas frentes de lavra e depósitos de bota-fora, sendo executada a partir da identificação, definição e proteção das áreas degradadas em que se pretende favorecer a recuperação ou regeneração espontânea do ambiente. O desenvolvimento de espécies vegetais instaladas espontaneamente ocorre com o aporte natural de sementes provenientes de matas existentes nas proximidades, trazidas principalmente pela ação do vento e dos pássaros. Devem ser aplicadas, novamente, técnicas adequadas de manejo florestal.

7.5.4 Monitoramento e Manutenção da Recuperação

As medidas de recuperação executadas requerem vistorias e inspeções periódicas, visando manter as condições necessárias ao cumprimento dos objetivos preestabelecidos no plano de recuperação.

A eficácia das medidas adotadas deve ser verificada por meio de indicadores ambientais que, nesta atividade, podem ser denominados como indicadores de desempenho, visando verificar se os parâmetros estão sendo ajustados e se a recuperação está sendo ou não bem sucedida. Eventuais resultados insatisfatórios podem exigir desde a reavaliação da área degradada e a reformulação das medidas executadas, até, se necessário, sua complementação ou substituição.

Entre exemplos de indicadores de desempenho adotados na recuperação de áreas degradadas por mineração, podem ser citados os que se aplicam à revegetação, como no Projeto Carajás, em que se planejou o monitoramento do plantio manual pela quantidade (nº) e altura (m) de mudas sobreviventes (Freitas et al., 1984). No caso de medidas geotécnicas destinadas a aferir a eficiência de sistemas de retenção de sedimentos, há o exemplo da comparação entre o volume (m^3) e área ocupada (ha ou m^2) pelo material acumulado na bacia e pelos depósitos de assoreamento situados a jusante. Em medidas de remediação aplicadas aos problemas de drenagem ácida, há os parâmetros de qualidade da água e do solo, tendo em vista os padrões legais e/ou normativos existentes.

7.6 USOS PÓS-MINERAÇÃO

O processo de reabilitação de antigas áreas de mineração compreende planejamento, instalação e plena operação de alguma forma de uso do solo no local após o encerramento das atividades do empreendimento.

As citações sobre usos futuros de áreas de mineração, encontradas principalmente na literatura internacional, têm revelado uma ampla gama de possibilidades. Casos de habitação, agricultura, pastagens, comércio, indústria, disposição de resíduos, reflorestamento, lazer, recreação, esportes, preservação e conservação ambiental, piscicultura, entre outras formas de uso e ocupação do solo, vêm sendo, há muito tempo, lembrados como alternativas de recuperação ou recuperação para áreas de diferentes bens minerais em países industrializados, como Estados Unidos, Canadá, França, Alemanha e outros.

Sobre mineração de agregados em áreas urbanas, Bauer (1989) relata diversos casos nos Estados Unidos, Canadá e Alemanha, que resultaram em loteamentos, agricultura, parques, usos recreativos, entre outros, ressaltando que, em princípio, qualquer atividade pode ser instalada em uma área de antiga extração de areia ou pedreira. O caso específico de aterro sanitário é discutido em Carter (1989), salientando a possibilidade de ser também um empreendimento lucrativo.

Há diversos exemplos de áreas reabilitadas no Brasil, como os citados em Sintoni et al. (1994) e em Ibrahim (1996), destacando casos de usos industriais e de parques públicos, como o do Parque Cidade de Toronto, em São Paulo-SP (Figura 43), construído com apoio da Prefeitura de Toronto, Canadá (Archangeletti et al.,

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 43 - Parque Cidade de Toronto instalado na antiga área de extração de areia (São Paulo-SP)

1993). Casos mais recentes podem ser lembrados, como o do Parque Municipal Francisco Rizzo, em Embu-SP, implementado por meio de ação do estado e que contou com financiamento internacional. Porém, convém observar que a maior parte dos casos mencionados não decorre de um plano elaborado (Prad), executado ou patrocinado pela empresa de mineração que realizou a atividade extrativa, mas sim de iniciativas pós-mineração tomadas pelo estado ou prefeituras municipais, com o objetivo de viabilizar projetos de interesse público, ainda que possam, com o tempo, beneficiar comunidades localizadas (Figura 44).

Em síntese, dentre as alternativas de usos pós-mineração freqüentes em áreas urbanas, incluem-se:

- rearranjo da área para loteamentos urbanos;
- aproveitamento da área para implantação de projetos industriais;
- reaterro simples para desenvolvimento de atividades agrícolas;
- utilização das cavas resultantes da explotação mineral para depósito de resíduos sólidos e aterros sanitários; e
- projetos destinados a proporcionar áreas de lazer à comunidade, como área verde, parques esportivos, lagos, anfiteatros, museus, entre outros.

Um dos condicionantes mais importantes na definição do uso pós-mineração parece estar relacionado ao caráter público ou privado do projeto de reabilitação,

Fonte: Omar Yazbek Bitar.

Figura 44 - Área de antiga mineração de areia. Ao fundo, a parte relativa à lavra na encosta, com a construção de bermas e taludes. Ao lado, com margens regularizadas, a revegetação contemplou o plantio de gramíneas, pinheiros, eucaliptos e outras espécies. O local está atualmente integrado a um condomínio residencial, constituindo área de lazer (Embu-SP)

bem como às suas interações com a questão da propriedade do solo em meio às contínuas transformações urbanas, em especial no contexto de médias e grandes cidades brasileiras. A construção de um projeto de uma obra do sistema viário, por exemplo, tem sido exclusivamente de motivação pública, o mesmo ocorrendo com a instalação de um manancial hídrico para abastecimento. Outros usos, como indústria e comércio, correspondem a projetos tipicamente de iniciativa privada.

Dentre os tipos de usos geralmente previstos em Prads e que foram realmente executados, como se observa no caso da Região Metropolitana de São Paulo, destacam-se: lazer, recreação e esportes comunitários; indústria e comércio; e habitação e loteamento. Em contraposição, ressalta-se o fato de que o uso mais freqüente em projetos executados é o de disposição de resíduos, o qual, por sua vez, é um dos menos citados em Prads (Bitar, 1997).

Tal aspecto, ou seja, a crescente tendência pelo uso de cavas abandonadas para a destinação de resíduos inertes – Classe III da norma NBR 10004 sobre classificação de resíduos sólidos (ABNT, 1987a) - tem despertado especial atenção do Poder Público, como no âmbito do Estado de São Paulo, onde a Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA editou diretriz legal (São Paulo, 1996), estabelecendo um programa de apoio aos municípios que pretendem utilizar essas áreas

para disposição de materiais como entulho de demolição e obras de terraplenagem (Figura 45).

Fonte: Construtora Queiroz Galvão S.A., 2001.

Figura 45 - Aterro de resíduos Classe III (inertes da construção civil), localizado em área urbana, ocupando cava de antiga pedreira (São Paulo-SP)

Bibliografia

Ab'Saber, A.N. 1956. A terra paulista. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, n.23, p.5-38.

Archangeletti, A.C.; Takahashi, E.; Barnabé, H.R.; Piza Filho, P.T.; Honda, S. 1993. Projeto Parque Cidade de Toronto, São Paulo. In: Phillipi Junior, A. (Coord.). *A questão ambiental urbana: cidade de São Paulo*. São Paulo : PMSP/SVMA. p.573-587.

Arnould, M. 1989. Estudo do impacto da mineração de agregados sobre o meio ambiente na França: legislação, reabilitação de áreas, balanço de 10 anos de experiência. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS, 1, 1989, São Paulo. *Anais*... São Paulo : DNPM/Pró-minério. p.21-24.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 1987a. *NBR 10004:* Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 1987b. *NBR 10006:* Solubilização de resíduos - Procedimento. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 1987c. *NBR 10157:* Aterros de resíduos perigosos - Critério para projeto, construção e operação - Procedimento. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 1989. *NBR 10703:* Degradação do solo - Terminologia. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 1993a. *NBR 7225*: Materiais de pedra e agregados naturais. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 1993b. *NBR 7229:* Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT; Companhia Vale do Rio Doce - CVRD. 1993. *Coletânea de normas de mineração e meio ambiente*. Rio de Janeiro. (NBR 12649, 13028, 13029 e 13030).

Augusto Filho, O.; Bitar, O.Y.; Souza, L.A.P.; Almeida, M.C.J. 1992. Análise e zoneamento de risco associado à mineração em área urbana: o caso da extração de areia no lago de Carapicuíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. *Boletim de resumos expandidos*... São Paulo : SBG. v.1, p.116-117.

Barth, R.C. et al. 1989. Avaliação da reabilitação de áreas mineradas no Brasil. *Brasil Mineral*, São Paulo, p.60-72. (Edição especial: meio ambiente).

Bauer, A.M. 1989. Uso futuro de áreas mineradas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS, 1989, São Paulo. *Anais*... São Paulo : DNPM/Pró-minério. p.25-30.

Besenval, V.; Gambelli, F. 1992. *Guide de l'environnemet: a l'usage des entreprises industrielles*. Senlis : Cetim. 92p.

Bitar, O.Y. 1990. *Mineração e usos do solo no litoral paulista: estudo sobre conflitos, alterações ambientais e riscos*. Campinas, 162p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.

Bitar, O.Y.; Augusto Filho, O.; Iwasa, O.Y.; Cunha, M.A.; Fornasari Filho, N. 1993a. Indicadores geológico-geotécnicos na recuperação ambiental de áreas degradadas em regiões urbanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1993, Poços de Caldas. *Anais...* São Paulo : ABGE. v.2, p.177-183.

Bitar, O.Y.; Braga, T.O.; Parzzanese, G.A.C.; Okagawa, H. 1993b. The planned used of mining areas to waste disposal: a challenge to the Brazilian metropolis. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON THE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF URBAN CENTERS - ECO URBS's 93, 2, 1993, São Paulo. *Abstracts*... São Paulo : Biosfera. p.121-122.

Bitar, O.Y. 1997. *Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo, 185p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Bitar, O.Y.; Shoji, W.; Cabral Junior, M. 2000. Geotecnologia: tendências e desafios. *São Paulo em Perspectiva. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE*, v.14, n.3, p.78-90.

Box, T. W. 1978. Reclamation of drastically disturbed land. In: SYMPOSIUM OHIO, 1, 1978, Wooster. *Proceedings...* Wisconsin : American Society of Agronomy. p.3-5.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 1981. *Lei nº 6.938*, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília.

Brasil. 1988. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil.* Brasília, DF : Senado.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. 1989. *Decreto nº 97.632*, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do art. 2º, inciso VIII da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Brasília.

Broughton, L.M.; Healey, P.M. 1992. Mine site decommissioning: technology for assessment and control of acid rock drainage. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT ISSUES AND MANAGEMENT OF WASTE IN ENERGY AND MINERAL PRODUCTION, 2, 1992, Calgary. *Proceedings...* Calgary : FGC/UL/UC. p.789-798.

Bruschi, D.M.; Peixoto, M.C.D. 1997. *Manual de saneamento e proteção ambiental para os Municípios - Extração de areia cascalho e argila. Técnicas e controle ambiental.* Belo Horizonte : Feam. 90p. v.4.

Cabral Junior, M.; Almeida, E.B. 1999. Geologia e principais aplicações dos minerais industriais no Estado de São Paulo. In: ENCONTRO DE MINERADORES E CONSUMIDORES, 7, 1999, Rio Claro. *Anais*... São Paulo : ABC. p.1-3.

Cairns Junior, J. 1986. Restoration, reclamation and regeneration of degraded or destroyed ecosystems. In: SOULÉ, M.E. (Org.). *Conservation biology.* Sunderland : Sinauer. p.465-484.

Carcedo, F.J.A.; Fernandez, L.V. 1989. *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. Madrid : ITGE/MTE. 321p. (Serie Ingeniería Geoambiental).

Carter, R.A. 1989. Landfills can be profitable. *Rock Products*, Chicago, v.92, n.12, Dec. p.58-62.

Cavalcanti, R.N. 1996. *A mineração e o desenvolvimento sustentável: casos da Companhia Vale do Rio Doce*. São Paulo, 432p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal - Cepam. 1991. *Política municipal de meio ambiente*. São Paulo : Cepam - Fundação Prefeito Faria Lima. Superintendência de Desenvolvimento Urbano e Rural. 172p.

Chaves, A.P. 1996. *Teoria e prática do tratamento de minérios*. São Paulo : Signus Editora.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Cetesb. 1990a. *Norma D7.010*: Mineração por dragagem. São Paulo.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Cetesb. 1990b. *Norma D7.011*: Mineração por desmonte hidráulico - Procedimento. São Paulo.

Compton, H. 1992. Field screening methods. In: RCRA CORRECTIVE ACTION STABILIZATION TECHNOLOGIES, 1992, Washington. *Proceedings...* Cincinnati : USEPA. p.21-28.

Cummins, A.B. 1973. *SME Mining Engineering Handbook*. New York : AIME Edit.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. 1945. *Decreto-lei nº 7.841*, de 8 de agosto de 1945. Código de Águas Minerais. Brasília.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. 1967. *Decreto-lei nº 227*, de 28 de fevereiro de 1967. Código de Mineração. Brasília.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. 1998. *Portaria nº 231*, de 31 de julho de 1967. Aprova a metodologia de estudos necessários à definição de áreas de proteção de fontes e balneários e estâncias de águas minerais e potáveis de mesa, e naturais. Brasília.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. 2000. *Anuário Mineral Brasileiro.* Brasília. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/amb2000.html>.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. 2001. *Anuário Mineral Brasileiro.* Brasília. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/amb2001.html>.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. 2002a. *Portaria nº 12*, de 22 de janeiro de 2002. Altera as normas reguladoras de mineração. Brasília.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. 2002b. *Sumário Mineral Brasileiro.* Brasília. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/sm2002.html>.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM; Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano - Emplasa. 1980. *Plano diretor de mineração para a Região Metropolitana de São Paulo - Diagnóstico e diretrizes*. São Paulo.

Dias, E.G.C.S. 2001. *Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento.* São Paulo, 283p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Dias, L.E.; Mello, J.W.V. 1998. *Degradação de áreas degradadas*. Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, MG. 251p.

Dietrich, N.L. 1990. European rehabilitation projects reflect cultural and regional diversity. *Rock Products*, Chicago, v.93, n.2, Feb. p.45-47.

Donadello, M.M. 1994. *Aplicações dos minerais e rochas industriais*. Salvador : SBG Núcleo Bahia-Sergipe. 87p. (Edições, Microtextos, Edições Especiais).

Fornasari Filho, N.; Nakasu, L.; Prandini, F.L., Godoy, F.R. 1986. Experimentos de revegetação destinados ao controle de erosão em corpos de bota-fora da Mina de Cana Brava, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiânia. *Anais*... São Paulo : SBG. v.1, p.494-499.

Fornasari Filho, N. et al. 1992. *Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia*. São Paulo : IPT. 165p. (IPT - Publicação, 1972; Boletim, 61).

Freitas, C.G.L. 2000. *Cartografia geotécnica de planejamento e gestão territorial: proposta teórica e metodológica*. São Paulo, 238p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

Freitas, M.L.D.; Porto, E.R.; Benedetti, V. 1984. Estudo de recuperação de áreas degradadas pela mineração de ferro: a experiência em Carajás. In: CONGRESSO DE TRÓPICO ÚMIDO, 1, 1984, Belém. *Anais*...

Gomes, C.S.F. 1990. *Minerais industriais - Matérias-primas cerâmicas*. Aveiro, Portugal : Instituto Nacional de Investigação Científica. 247p.

Griffith, J.J.; Dias, L.E.; Jucksch, I. 1996. Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa. *Saneamento Ambiental*, São Paulo, v.7, n.37, fev./mar., p.28-37.

Guerra, A.T. 1972. *Dicionário geológico-geomorfológico*. 4.ed. Rio de Janeiro : Fundação IBGE. 439p. (Série A Public., 21).

Guimarães, J.E.P. 1981. *Epítome da história da mineração no mundo antigo, no Brasil e nos Estados Unidos da América - Valores de seus feitos e de suas personagens: sua dependência com a natureza*. São Paulo : Art. Ed., Secretaria de Estado da Cultura. 173p.

Hartman, H.L. 1987. *Introductory mining engineering*. New York : Wiley Edit.

Ibrahim, M.M.C. 1996. *Utilização de áreas degradadas pela mineração: o caso da Pedreira Itaquera, São Paulo, SP*. São Paulo, 183p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Instituto Brasileiro de Mineração - Ibram. Comissão Técnica de Meio Ambiente. Grupo de Trabalho de Redação. 1992. *Mineração e meio ambiente*. Brasília. 114p.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 1981a. *Mapa geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000.* São Paulo. 2v. (IPT - Publicação, 1184).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 1981b. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. *Escala 1:500.000.* São Paulo. 2v. (IPT - Publicação, 1183).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 1991. *Avaliação do potencial de alteração da qualidade da água subterrânea na área da Mineração Horii, Mogi das Cruzes, SP*. São Paulo. 29p. (IPT - Relatório Técnico, 29.253).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 1993. *Programa de atualização tecnológica - Estudos setoriais: mineração*. São Paulo. 280p. (IPT - Relatório Técnico, 30.503).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 2000a. *Assessoria técnica para a regularização da atividade minerária na Estância Turística de Ribeirão Pires*. São Paulo. 91p. (IPT - Parecer Técnico, 7.703).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 2000b. *Os recursos minerais do município de Socorro: diagnóstico e diretrizes para planejamento e gestão.* São Paulo. 135p. (IPT - Relatório Técnico, 48.614).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 2002. *Subsídios técnicos para estabelecimento do zoneamento minerário do município de São José dos Campos*. São Paulo. (IPT - Relatório Técnico, 64.374).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 2003. *Subsídios técnicos para estabelecimento do zoneamento minerário para exploração de areia nos municípios de Mogi das Cruzes, Biritiba-Mirim, Guararema e Salesópolis*. São Paulo. 2v. (IPT - Relatório Técnico, 59.971).

Kennedy, B.A. 1990. *Surface mining*. 2.ed. Baltimore : AIME Edit.

Lambert, S. (Coord.). 1995. *Manuel environnemet à l'usage des industriels*. Paris : Afnor. 397p.

Langefors, U.; Kihlstrom, B. 1987. *Técnica moderna de voladura de rocas.* 2.ed. Bilbao : Urmo Edit.

Langen, M.; Hoberg, H.; Hamacher, B. 1994. Prospects for separating heavy metals from contaminated soil. *Aufbereitungs-Technik*, v.35*,* n.1, p.1-12.

Leinz, V.; Leonardos, O.H. 1977. *Glossário geológico.* 2.ed. São Paulo : Companhia Editora Nacional. 236p.

Lemos, A.C.P.N. 1991. *Mineração e planejamento - Estudo de um caso no município de Itu-SP*. Campinas, 79p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.

Luz, A.B. et al. 1995. *Tratamento de minérios*. Rio de Janeiro : Edições Cetem.

Machado, I.F. 1989. *Recursos minerais - Política e sociedade.* São Paulo : Pró-minério / Editora Edgar Blücher. 410p.

Marker, A.; Cunha, R.C.A.; Gunther, M.A. 1993. Avaliação de áreas contaminadas na RMSP. *Saneamento Ambiental*, São Paulo, n.25, p.36-39.

Martins, L.A.M. 1995. Uso y ocupación del suelo: la planificación municipal y la minería. In: REPETTO, F.L. et al. (Eds.). *Aspectos geológicos de protección ambiental.* Montevideo : ORCYT/Unesco. v.1, p.125-134.

Maschio, L.M.A. 1992. Evolução, estágio e caracterização da pesquisa em recuperação de áreas degradadas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1, 1992, Curitiba. *Anais...* Curitiba : Fupef. p.17-33.

Mello, I.S.C.; Cabral Junior, M.; Motta, J.F.M.; Cuchierato, G. 1997. Pólos produtores de bens minerais de uso na construção civil no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 5, 1997, Penedo. *Atas...* São Paulo : SBG. p.445-446.

Minerais do Paraná S.A. - Mineropar. 1991. *Mineração e meio ambiente.* Curitiba. 115p.

Monteiro, Y.D.P. 1990. *Subsídios para a elaboração do plano diretor*. São Paulo : Cepam. 2v.

Nalini, J.R. 2001. *Ética ambiental*. São Paulo : Millennium Editora. 395p.

National Energy Foundation. 1995. *Rocks and minerals: and how wie use them*.

Referências fundamentais de meio ambiente para elaboração de Planos Diretores Municipais. 1990. São Paulo : SCTDE/SES/SG/SMA/SEP.

Rio, V.; Oliveira, L. (Orgs.). 1996. *Percepção ambiental: a experiência brasileira*. São Paulo : Studio Nobel / São Carlos : UFSCar. 265p.

Ritcey, G. 1995. Drenagem ácida de mina. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA, 1, 1995, Belo Horizonte. *Roteiro de curso...* Belo Horizonte : Ibram. 3p.

Ruiz, M.S.; Neves, M.R. (Coords.). 1990. *Mercado produtor mineral do Estado de São Paulo - Levantamento e análise*. São Paulo : IPT. 188p. (IPT - Publicação, 1822).

Sánchez, L.E. 1989. Os estudos de impacto ambiental como instrumentos do planejamento em pedreiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS DEGRADADAS, 1989, São Paulo. *Anais...* São Paulo : DNPM/SCTDE. p.31-35.

Sánchez, L.E. 2001. *Desengenharia - O Passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais.* São Paulo : Edusp. 254p.

São Paulo (Estado). Secretaria dos Negócios Metropolitanos. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. 1982. *Manual técnico para empreendimentos minerais na RMSP*. São Paulo : SNM/Emplasa. 2v.

São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. 1991. *Roteiro de EIA/Rima para empreendimentos minerários e plano de recuperação de áreas degradadas: manual de orientação*. São Paulo : SMA. 12p. (Série Manuais).

São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. 1996. *Resolução SMA nº 34/96*. Dispõe sobre o apoio aos municípios da Região Metropolitana de São Paulo que pretendam utilizar cavas de mineração para disposição de materiais inertes. São Paulo : SMA.

Schneider, F.U. 1992. Fundamentals and practice of soil washing. *Aufbereitungs-Technik*, v.33, n.9, p.501-514.

Silva, C.M.M.N. 1995. *Estudo de alternativas de reabilitação para as áreas degradadas pelas minerações de argilas bentoníticas de Boa Vista, Campina Grande-PB*. São Paulo, 129p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Sintoni, A. 1991. Subsídios do setor mineral para elaboração de Planos Diretores Municipais. In: SEMINÁRIO BRASIL CANADÁ DE MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE, 1991, Brasília. *Anais...* Brasília : DNPM. p.213-217.

Sintoni, A. 1993. *Curso controle ambiental na mineração - Módulo I: homogeneização de conceitos*. São Paulo : Cetesb. (Série Didática Especial, 15).

Sintoni, A.; Valverde, F.M.E.; Obata, O.R. 1994. A mineração poderá conviver com a cidade? *Brasil Mineral*, São Paulo, v.11, n.118, p.59-66, jul.

Sintoni, A.; Tanno, L.C. 1997. Minerais industriais e de uso social: panorama do mercado consumidor no Brasil. *Brasil Mineral*, São Paulo, n.147, p.34-39.

Soares, F.C. 1986. *Rochas, minerais e pedras preciosas do Brasil*. 2.ed. São Paulo : CPA Edições.

Superintendência do Desenvolvimento do Litoral Paulista - Sudelpa. 1986. *ABC da mineração*. São Paulo. 18p. (Publicação Especial).

Tanno, L.C.; Motta, J.F.M.; Cabral Junior; M. 1994. Pólos de cerâmica vermelha no Estado de São Paulo: aspectos geológicos e econômicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 38, 1994, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro : ABC. p.378-383.

Valverde, F.M. 1989. Mineração e urbanização: a convivência possível e necessária. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS, 1989, São Paulo. *Anais...* 8p.

Vasconcelos, M.M.T.; Silva, V.C.R.; Gama Junior, G.F.C.; Carvalho, P.A.S. 1996. Avaliação expedita para recuperação de área degradada: o caso de uma mineração de areia abandonada em Embu, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. *Anais...* São Paulo : SBG. v.4, p.344-349.

Vasconcelos, M.M.T. 2000. *Diagnóstico da degradação do meio físico e proposição de medidas de recuperação em áreas de mineração abandonadas na bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo.* São Paulo, 234p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Wallin, M. [s.d.]. *Soil treatment. New applications and challenges for mineral processing technologies*.

Weissberg, I. 1995. *Estudo da reabilitação de solos em áreas bauxíticas mineradas em Poços de Caldas (MG): uma abordagem ambiental e uma contribuição técnica para otimização*. São Paulo, 130p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Willians, D.D. 1984. Reabilitação de minas de bauxita exauridas em Poços de Caldas, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS APLICADAS À GEOLOGIA, 3, 1984, Salvador. *Anais...* Salvador : SBG-BA. p.464-467.

Willians, D.D.; Bugin, A; Reis, J.L.B. (Coords.). 1990. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Brasília : Ibama. 96p.

Williams, H.; Turner, F.J. 1970. *Petrografia.* São Paulo : Polígono.

Listas de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
APA	Área de Proteção Ambiental
ART	Anotações de Responsabilidade Técnica (Crea)
BGTC	Brita Graduada Tratada com Cimento
CBMM	Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia
CBP	Ciclo Básico de Produção
Cepam	Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
Cofins	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
Crea	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
Emplasa	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano
Feam	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FIBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Funai	Fundação Nacional do Índio
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IG	Instituto Geológico

INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
IRPJ	Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
ISS	Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MCA	Minas a Céu Aberto
Mineropar	Minerais do Paraná S.A.
MS	Minas Subterrâneas
N.A.	Nível d´Água
NBR	Norma Brasileira Registrada
NRM	Normas Reguladoras de Mineração
ONG	Organização Não-Governamental
PCA	Plano de Controle Ambiental
PDM	Plano Diretor Municipal
PDMi	Plano Diretor de Mineração
PIS	Programa de Integração Social
PL	Plano de Lavra
Prad	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
RCA	Relatório de Controle Ambiental
Rima	Relatório de Impacto Ambiental sobre o Meio Ambiente
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
Sama	S.A. Mineração de Amianto
SCTDET	Secretaria da Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento Econômico e Turismo (SP)
Seaqua	Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais
SEE	Secretaria de Energia
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
SPT	*Standard Penetration Test*
Unesp	Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
ZBM	Zona Bloqueada para Mineração
ZCM	Zona Controlada para Mineração
ZPM	Zona Preferencial para Mineração

ANEXOS

A - Normas Técnicas da ABNT

B - Procedimentos para Habilitação ao Regime de Licenciamento

C - Relação de Dispositivos Legais Selecionados

D - Órgãos de Controle e Normalização

E - Instituições e Órgãos de Apoio

F - Glossário

ANEXO A

Normas Técnicas da ABNT

AREIA E SOLO

NBR 6491 - Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de pedregulho e areia

Estabelece seriação dos trabalhos necessários ao reconhecimento e amostragem para fins de caracterização dos materiais das jazidas de pedregulho e areia suscetíveis de serem utilizadas como material de construção em obras de engenharia.

Publicação: 02/1985

NBR 7214 - Areia normal para ensaio de cimento

Fixa condições exigíveis da areia destinada à execução do ensaio da resistência à compressão de cimento Portland.

Publicação: 02/1982

NBR 7221 - Agregados - Ensaio de qualidade de agregado miúdo

Prescreve método para determinação da qualidade de um agregado miúdo, considerado suspeito do ponto de vista de impurezas orgânicas, através de ensaio comparativo de resistência à compressão de argamassas, preparadas com esse agregado nas condições de lavado e no estado original.

Publicação: 08/1987

NBR 7225 - Materiais de pedra e agregados naturais

Publicação: 06/1993

NBR 10703 - Degradação do solo - Terminologia

Publicação: 07/1989

NBR 12052 - Solo ou agregado miúdo - Determinação de equivalente de areia

Prescreve método para determinação do equivalente de areia de solos ou agregados miúdos.

Publicação: 04/1992

BRITA GRADUADA

NBR 11803 - Materiais para sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento

Fixa condições exigíveis para os materiais a serem utilizados na execução de camadas de sub-base ou base de pavimento de brita graduada tratada com cimento.
Publicação: 02/1991

NBR 11806 - Materiais para sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento

Fixa condições exigíveis para os materiais a serem utilizados na execução de camadas de sub-base ou base de pavimentos com brita graduada.
Publicação: 02/1991

NBR 12261 - Dosagem de brita graduada tratada com cimento

Fixa método para dosagem de brita graduada tratada com cimento para emprego em pavimentação.
Publicação: 02/1991

NBR 12262 - Sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento (BGTC)

Fixa condições exigíveis para a execução de sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento (BGTC).
Publicação: 02/1991

NBR 12264 - Sub-base ou base de brita graduada

Fixa condições exigíveis para a execução de sub-base ou base de brita graduada.
Publicação: 02/1991

COLETÂNEA DE NORMAS DE MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE - ABNT/CVRD - 1993

NBR 12649 - Caracterização de cargas poluidoras na mineração

NBR 13028 - Elaboração e apresentação de projeto de disposição de rejeitos de beneficiamento, em barramento, em mineração

NBR 13029 - Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril, em pilha, em mineração

NBR 13030 - Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração

RESÍDUOS

NBR 10004 - Resíduos sólidos - Classificação

Publicação: 09/1987

NBR 1006 - Solubilização de resíduos - Procedimento

Publicação: 09/1987

NBR 10157 - Aterros de resíduos perigosos - Critério para projeto, construção e operação - Procedimento

Publicação: 12/1987

TANQUES SÉPTICOS

NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos

Publicação: 09/1993

ANEXO B

Procedimentos para Habilitação ao Regime de Licenciamento

O acesso ao regime de licenciamento envolve o cumprimento de procedimentos específicos junto às entidades que detêm as competências no contexto das legislações mineral e ambiental, cujo roteiro é resumido a seguir, considerando-se o caso do Estado de São Paulo, onde os procedimentos correspondentes ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM e à Secretaria do Meio Ambiente estão articulados.

1. Prefeitura do Município: *para obtenção da licença específica*

a) Requerimento, obedecendo disposições administrativas locais, quando existentes;

b) Prefeitura analisa o requerimento segundo legislação e critérios exclusivos próprios e, uma vez aprovado, emite a licença específica, onde, obrigatoriamente, devem constar:

- nome do licenciado;
- denominação do imóvel, distrito, município e Estado onde se localiza a jazida;
- designação da substância mineral licenciada;
- área licenciada, em hectares; e
- prazo, data de expedição e número da licença.

2. Caso a área estiver sujeita a quaisquer das seguintes situações, dirigir-se ao órgão ou entidade correspondente para a *obtenção da devida outorga, assentimento ou aceite*:

a) extração em leito de rio: outorga do DAEE/SP;

b) área de reservatório: aceite do concessionário ou proprietário;

c) área situada em imóvel pertencente à pessoa jurídica de direito público: assentimento da pessoa jurídica correspondente; e

d) área situada em terrenos de interesse e/ou jurisdição da Funai.

3. DNPM: *para solicitação do registro de licenciamento*

(Esta solicitação deve ocorrer no prazo máximo de 30 dias após a expedição da licença específica municipal, que é o período em que é assegurada a prioridade perante outros eventuais requerimentos sobre a mesma área)

O requerimento se faz através de formulários padronizados do DNPM, com o preenchimento de todos os campos ali indicados, acompanhado de:

a) licença específica expedida pela Prefeitura, conforme item 1;
b) se incurso nos casos citados no item 2, apresentar o correspondente documento obtido;
c) instrumento de autorização do proprietário do solo, ou declaração de ser o requerente o proprietário do solo;
d) plantas de detalhe e de situação da área;
e) prova do pagamento de emolumentos no valor equivalente a 45,67 Ufir (R$ 48,60);
f) comprovação de nacionalidade brasileira, se pessoa natural, ou de registro no órgão de Registro do Comércio de sua sede e no CNPJ do Ministério da Fazenda e cadastro na Secretaria da Fazenda do Estado, se pessoa jurídica;
g) prova do visto do profissional, quando for o caso, no Crea, ao qual está jurisdicionada a área de situação da jazida;
h) apresentação da ART/Crea relativa ao empreendimento; e
i) plano de Aproveitamento Econômico, somente no caso de algumas situações estabelecidas na legislação.

O requerimento assim instruído é protocolado no DNPM, ocasião em que é mecanicamente numerado e formado o Processo correspondente. Analisado o requerimento e uma vez não estando incurso em situações de exigências ou de indeferimento, o DNPM (Distrito SP) emite previamente uma minuta do registro de licenciamento, que serve, basicamente, para atestar a prioridade do requerimento sobre a área pretendida e assim permitir o início do processo de solicitação e obtenção do licenciamento ambiental subseqüente.

4. Secretaria do Meio Ambiente: *para iniciar o processo de licenciamento ambiental*

Obtida a minuta do registro de licenciamento, conforme o item 3, o interessado parte para a solicitação de licenciamento ambiental, cujo processo envolve a obtenção de três tipos de licenças específicas:

a) Licença Prévia - LP: na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos na fase de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais e federais de uso do solo e desenvolvimento;
b) Licença de Instalação - LI: autoriza o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do projeto executivo aprovado; e
c) Licença de Operação - LO: autoriza, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com o previsto nas LP e LI.

Quanto aos procedimentos e as documentações necessárias para a solicitação e obtenção destas licenças, devem ser observados os regulamentos e orientações estabelecidos pelo órgão ambiental competente que, no caso de SP, é a Secretaria do Meio Ambiente, através de suas unidades especializadas.

Estas licenças são solicitadas e emitidas em etapas, sendo que, obtida a Licença de Instalação, o interessado faz o seu encaminhamento ao DNPM.

5. DNPM: *para entrega da Licença de Instalação - LI*

Com a incorporação da LI ao Processo correspondente, o DNPM está em condições de finalizar a análise do processo com vistas à outorga do Registro de Licenciamento.

6. Secretaria do Meio Ambiente: *para obtenção da Licença de Operação - LO*

A solicitação da LO é feita apresentando o documento de outorga do Registro de Licenciamento pelo DNPM, acompanhado de outros estabelecidos pelo órgão ambiental, especialmente o referente ao compromisso de recuperação futura da área conforme plano de recuperação e destinação final.

7. Prefeitura do Município: *para obtenção do Alvará de Funcionamento*

Com a Licença de Operação, obtida conforme o item 6, e com o Registro de Licenciamento, obtido conforme o item 5, o interessado está em condições, sob os aspectos das legislações minerária e ambiental, de solicitar a concessão do Alvará de Funcionamento da Prefeitura do Município, ocasião em que esta aplicará os critérios e regulamentos próprios de sua alçada.

Em suma, pelos procedimentos aqui indicados, o Alvará de Funcionamento emitido pela Prefeitura constitui-se no documento final que consolida o cumprimento de todas as condições legais para o interessado iniciar os trabalhos de extração mineral pelo regime de licenciamento, observando-se, no entanto, que o município tem a prerrogativa de, a qualquer tempo, para salvaguarda de seus legítimos e justificados interesses, suspender ou cancelar a licença e solicitar a extinção do seu registro no DNPM, independentemente de a lavra estar ou não sujeita à mesma penalidade por inobservância das legislações minerária e ambiental.

ANEXO C

Relação de Dispositivos Legais Selecionados

- **LEI nº 6.403, de 15/12/76 - D.O.U. de 16/12/76**
  Modifica dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28/2/67 (Código de Mineração), alterado pelo Decreto-lei nº 318, de 14 /3/67.

- **LEI nº 6.567, de 24/9/78 - D.O.U. de 26/9/78**
  Dispõe sobre regime especial para exploração e aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências.

- **LEI nº 6.726, de 21/11/79 - D.O.U. de 22/11/79**
  Modifica o parágrafo único do art. 27 do Decreto-lei nº 7.841, de 8/8/45 (Código de Águas Minerais).

- **LEI nº 6.938, de 31/8/81**
  Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

- **LEI nº 7.085, de 21/12/82 - D.O.U. de 22/12/82**
  Modifica dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28/2/67 (Código de Mineração).

- **LEI nº 7.805, de 18/7/89 - D.O.U. de 20/7/89**
  Altera o Decreto-lei nº 227 - Cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências.

- **LEI nº 7.886, de 20/11/89 - D.O.U. de 21/11/89**
  Regulamenta o art. 43 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias e dá nova redação aos artigos 20 e 26 do Código de Mineração. *(OBS: a redação aqui dada aos artigos 20 e 26 foi posteriormente modificada pela Lei nº 9.314, de 14/11/96).*

- **LEI nº 7.990, de 28/12/89 - D.O.U. de 29/12/89** ***(Republicada em 18/1/90)***
  Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências. (Art. 21, XIX da CF).

- **LEI nº 8.001, de 13/3/90 - D.O.U. de 14/3/90**
  Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7.990, de 28/12/89, e dá outras providências.

- **LEI nº 8.176, de 8/2/91**
  Define crimes contra a ordem econômica e o patrimônio e cria o Sistema de Estoques de Combustíveis.
- **LEI nº 8.901, de 30/6/94 - D.O.U. de 1/7/94**
  Regulamenta o disposto no § 2º do art. 176 da Constituição Federal e altera dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28/2/67 - Código de Mineração, adaptando-o às normas constitucionais vigentes.
- **LEI nº 8.982, de 24/1/95 - D.O.U. de 25/1/95**
  Dá nova redação ao art. 1º e revoga o art. 12 da Lei nº 6.567, de 24/9/78, alterado pela Lei nº 7.312, de 16/5/85.
- **LEI nº 9.051, de 18/5/95 - D.O.U. de 19/5/95**
  Dispõe sobre a expedição de certidões para a defesa de direitos e esclarecimentos de situações.
- **LEI nº 9.314, de 14/11/96 - D.O.U. de 18/11/96**
  Altera dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28/2/67, e dá outras providências.
- **LEI nº 9.433, de 8/1/97**
  Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13/3/90, que modificou a Lei nº 7.990, de 28/12/89.
- **LEI nº 9.605, de 12/2/98 ("Lei de Crimes Ambientais")**
  Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- **LEI nº 9.827, de 27/8/99 - D.O.U. de 28/8/99**
  Acrescenta o parágrafo único ao art. 2º do CM *(ver o Decreto nº 3.358, de 2/2/00, Portaria MME 23, de 3/2/00, Portaria DNPM 40, de 10/2/00 e Instrução Normativa DNPM 05, de 18/4/00, referente à regulamentação e aplicação desta lei).*
- **LEI nº 9.993, de 24/7/00 - D.O.U de 25/7/00**
  Destina recursos da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e pela exploração de recursos minerais para o setor de ciência e tecnologia.
- **DECRETO-LEI nº 227, de 28/2/67**
  Com alterações subseqüentes por leis e decretos - Código de Mineração.
- **DECRETO-LEI nº 318, de 14/3/67**
  Dá nova redação ao preâmbulo e a dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28/2/67.
- **DECRETO-LEI nº 330, de 13/9/67**
  Revoga dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28/2/67, alterado pelo Decreto-lei nº 318, de 14/3/67 e restaura vigência do art. 33, da Lei nº 4.118, de 27/8/62.
- **DECRETO-LEI nº 7.841, de 8/8/45**
  Código de Águas Minerais.
- **DECRETO nº 1, de 11/1/91**
  Regulamenta o pagamento da compensação financeira instituída pela Lei nº 7.990, de 28/12/89, e dá outras providências.

- **DECRETO nº 3.179, de 21/9/99**
  Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

- **DECRETO nº 3.358, de 2/2/00**
  Regulamenta o disposto na Lei nº 9.827, de 27/8/99, que "acrescenta parágrafo único ao art. 2º do Decreto-lei nº 227, de 28/2/67, com a redação dada pela Lei nº 9.314, de 14/11/96".

- **DECRETO nº 97.632, de 10/4/89**
  Dispõe sobre a regulamentação do art. 2º, inciso VIII da Lei nº 6.938, de 31/8/81, e dá outras providências.

- **DECRETO nº 98.812, de 9/1/90 - D.O.U de 10/1/90**
  Regulamenta a Lei nº 7.805, de 18/7/89 (Regime de Permissão de Lavra Garimpeira), e dá outras providências.

- **Resolução Conama nº 9/90**
  Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral das classes I a IX, exceto a Classe II.

- **Resolução Conama nº 10/90**
  Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral da classe II.

- **Resolução SMA nº 26/93**
  Disciplina o licenciamento ambiental dos empreendimentos minerários no Estado de São Paulo.

- **Resolução SMA nº 34/96**
  Dispõe sobre o apoio aos municípios da Região Metropolitana de São Paulo que pretendam utilizar cavas de mineração para disposição de materiais inertes.

- **Resolução SMA nº 42/96**
  Disciplina o licenciamento ambiental dos empreendimentos minerários de extração de areia na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

- **Resolução SMA nº 69/97**
  Dispõe sobre a extração de areia e argila vermelha na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari-Mirim.

- **Resolução SMA nº 3/99**
  Dispõe sobre os procedimentos para licenciamento ambiental de atividades minerárias no Estado de São Paulo.

- **Resolução SMA nº 4/99**
  Disciplina o procedimento para o licenciamento ambiental integrado das atividades minerárias.

- **Resolução SMA nº 28/99**
  Dispõe sobre o zoneamento ambiental para mineração de areia no subtrecho da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul inserido nos municípios de Jacareí, São José dos Campos, Caçapava, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba.

ANEXO D

Órgãos de Controle e Normalização

FEDERAIS

Ministério de Minas e Energia - MME
Endereço: Esplanada dos Ministérios, Bloco U
CEP 70065-900 - Brasília-DF
Tel.: (61) 319-555
http://www.mme.gov.br

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (Sede)
Endereço: SAN, Quadra 01, Bloco B
CEP 70040-200 - Brasília-DF
Tel.: (61) 224-7097; 224-2072; 224-2670
Fax: (61) 225-8274
http://www.dnpm.gov.br

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM - 2º Distrito - SP
Endereço: Rua Loefgren, 2.225
Vila Clementino
CEP 04040-033 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 5571-8395; 5549-6157; 5549-5533
Fax: (11) 5549-6094
http://www.dnpm.gov.br
e-mail: dnpm@netpoint.com.br

Ministério do Meio Ambiente - MMA
Endereço: Esplanada dos Ministérios, Bloco B, do 5º ao 9º andar
CEP 70068-900 - Brasília-DF
Tel.: (61) 317-1230; 317-1204
http://www.mma.gov.br

Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama
Endereço: Esplanada dos Ministérios, Bloco B, do 5º ao 9º andar
CEP 70068-900 - Brasília-DF
Tel.: (61) 317-1230; 317-1204
http://www.mma.gov.br
e-mail: conama@mma.gov.br

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - Ibama
Endereço: Alameda Tietê, 637 - Jardim Cerqueira Cesar
CEP 01417-020 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3083-1300; 3081-8752; 3088-0227
Fax: (11) 3081-8599
http://www.ibama.gov.br

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT
Gerência Regional Sudeste - DRE - Sede/ Escritório de São Paulo
Endereço: Av. Paulista, 726 - 10º andar
CEP 01223-000 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3016-7070
Fax: (11) 3016-7069

Av. Prof. Almeida Prado, 532
Prédio 1 - 3º andar (IPT)
05508-901 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3767-3600
http://www.abnt.gov.br
e-mail: lupercio@abnt.org.br

ESTADUAIS (SÃO PAULO)

Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA
Endereço: Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros
CEP 05489-900 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3030-6369
http://www.ambiente.sp.gov.br/cprn/cprn.htm
e-mail:comunicacao@cetesb.sp.gov.br

Conselho Estadual do Meio Ambiente - Consema
Endereço: Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros
CEP 05489-900 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3030-6622
Fax: (11) 3030-6621
http://www.
e-mail: consema.sp@cetesb.sp.gov.br

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Cetesb
Endereço: Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros
CEP 05489-900 - São Paulo-SP
Tel. (11) 3030-6000
Fax (11) 3030-6402
http://www.cetesb.sp.gov.br
e-mail: info@cetesb.sp.gov.br

Coordenadoria de Planejamento Ambiental - CPLA
Endereço: Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros
CEP 05489-900 - São Paulo-SP
Tel. (11) 3030-6636; 3030-6637
Fax (11) 3030-6930
http://www.ambiente.sp.gov.br/cprn/cprn.htm

Coordenadoria de Licenciamento Ambiental e de Proteção de Recursos Naturais - CPRN
Endereço: Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros
CEP 05489-900 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3030-6316
Fax: (11) 210-9473
http://www.ambiente.sp.gov.br/cprn/cprn.htm

Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais - DEPRN
Endereço: Rua Anete Queiroz Lacerda, 80 - Vila Gomes
CEP 05591-080 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3726-1587
Fax: (11) 3726-1587
http://www.ambiente.sp.gov.br/deprn/deprn.htm

Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental - Daia
Endereço: Av. Professor Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros
CEP 05489-900 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3030-6748
Fax: (11) 3030-6879
http://www.ambiente.sp.gov.br/cprn/cprn.htm

Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE
Endereço: Rua Butantã, 285
8º andar - Pinheiros
CEP 05424-140 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3813-3930; 3814-1766, ramal 2245
Fax: (11) 3813-6340, ramal 2159
e-mail: bat@daee.sp.gov.br

Instituto Florestal - IF
Endereço: Rua do Horto, 931
Horto Florestal
CEP 02377-000 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 6231-8555
http://www.iflorestsp.br
e-mail: nuinfo@iflorestsp.br

ANEXO E

Instituições e Órgãos de Apoio

Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal - Cepam
Fundação Prefeito Faria Lima
Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 913
Cidade Universitária
CEP 05508-900 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3811-0300 - Fax: (11) 3813-5969
http://www.cepam.sp.gov.br
e-mail: fpfl@cepam.sp.gov.br

Departamento de Ciência e Tecnologia - DCET
Endereço: Rua Guaianases, 1.058
Campos Elíseos
CEP 01204-001 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 220-0033, ramal 1262
Fax: (11) 222-9841
http://www.ciencia.sp.gov.br

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Epusp
Departamento de Engenharia de Minas
Endereço: Av. Prof. Mello de Moraes, 2.373
Cidade Universitária
CEP 05508-900 - São Paulo - SP
Tel.: (11) 3818-5435 - Fax: (11) 3818-5721
http://www.poli.usp.br/pmi

Instituto de Geociências - IGc
Universidade de São Paulo - USP
Endereço: Rua do Lago, 562 - Cid. Univ.
CEP 05508-900 - São Paulo-SP
Tel.: (0xx11) 3818-4295
http://www.igc.usp.br
e-mail: ig@edu.usp.br

Instituto de Geociências - IG
Universidade Estadual de Campinas - Unicamp - Caixa Postal 6152
CEP 13083-970 - Campinas-SP
Tel.: (19) 3289-1097 - Fax: (19) 3289-1562
http://www.ige.unicamp.br

Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro - IGCE
Universidade Estadual Paulista
"Julio de Mesquita Filho" - Unesp
Endereço: Rua 10, 2.527 - Santana
CEP 13500-230 - Rio Claro-SP
Tel.: (19) 526-2200
http://www.unesp.br/unidades

Instituto Geológico - IG
Endereço: Av. Miguel Stéfano, 3.900
CEP 04301-903 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 5058-9994
http://www.igeologico.sp.gov.br
e-mail: igeologico@igeologico.sp.gov.br

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT
Endereço: Av. Prof. Almeida Prado, 532
Cidade Universitária
CEP 05508-901 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3767-4121
http://www.ipt.br
e-mail: ipt@ipt.br

Secretaria da Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento Econômico e Turismo - SCTDET
Endereço: Av. Rio Branco, 1.269
Campos Elíseos
CEP 01205-001 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 220-0033
http://www.ciencia.sp.gov.br
e-mail: secretaria@ciencia.sp.gov.br

Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento
Endereço: Rua Bela Cintra, 847
CEP 01415-000 - São Paulo-SP
Tel.: (11) 3138-7000
http://www.energia.sp.gov.br
e-mail: energia@sp.gov.br

ANEXO F

Glossário

A

Água subterrânea - Água do subsolo que ocupa a zona saturada. Em um sentido geral, é toda água situada abaixo da superfície do solo.

Aluvião - Depósitos recentes de origem fluvial ou lacustre, compostos de cascalhos, areias, siltes e argilas das planícies de inundação.

***ANFO* -** Uma das composições de explosivo mais utilizado atualmente. É composto pela mistura de Nitrato de Amônio e Óleo Combustível, numa proporção recomendada de 94% e 6%, respectivamente, com uma velocidade de detonação média de 3.000 m/s.

Aqüífero - Formação geológica capaz de armazenar e transmitir água em quantidades apreciáveis.

Aqüífero livre - Aqüífero definido por uma camada permeável, parcialmente saturada de água e limitada em sua base por uma camada impermeável ou semi-impermeável.

Ardósia - Rocha sílico-argilosa, endurecida em finas lamelas, de baixo grau metamórfico, cor cinza à preta e brilho fosco, formando grandes placas. Pode ser utilizada em telhados e quadros-negros, ladrilhos, pisos e revestimentos de parede.

Área de Proteção Ambiental (APA) - Categoria do Grupo das Unidades de Uso Sustentável da Lei nº 9.985, de 18/7/2000, que consiste em uma área com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas; tem por finalidades básicas proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (Nalini, 2001).

Arenito - Rocha sedimentar detrítica resultante da litificação (consolidação) de areia por um cimento de natureza química (calcítica, ferruginosa, silicosa, etc.) Os grãos que constituem os arenitos são mais freqüentemente de quartzo.

Argamassa - Mistura de cal, areia e cimento que serve para assentamento e revestimento de paredes.

Argila - Usualmente, o termo argila é empregado quando se faz referência a um material terroso, de granulação fina, que se torna plástico ao ser misturado com água. Mineralogicamente, pertence ao grupo dos filossilicatos que são constituídos por silicatos hidratados de alumínio.

Assoreamento - Processo de acumulação excessiva de sedimentos e/ou detritos transportados por via hídrica, em locais onde a deposição do material é maior do que a capacidade de remoção natural pelos agentes de seu transporte.

Aterro sanitário - Forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, através de confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

B

Bacia sedimentar - É o conjunto de sedimentos acumulados em uma área deprimida da crosta terrestre.

Bancada - Local preparado para desmonte de minério ou estéril, por meio de operações sucessivas, envolvendo uso de explosivos, equipamentos de escavação mecânica e outros procedimentos auxiliares. Nas lavras a céu aberto, é formada por um plano horizontal no topo e uma superfície inclinada ou vertical que constitui a face da bancada.

Basalto - Rocha de origem magmática de cor escura, devido à riqueza em minerais de ferro e magnésio, com um conteúdo de sílica inferior a 52%.

Beneficiamento do minério
Ver “Tratamento do minério”.

Berma - Superfície horizontal ou suborizontal entre dois taludes intermediários, que serve de alívio da declividade ou inclinação da encosta ou do

talude final, conferindo-lhe estabilidade, quando bem dimensionada, no contexto de um projeto de estabilização de uma área.

Biodiversidade - Conjunto de espécies distintas, animais e vegetais, que ocorrem em determinado ambiente natural, sendo esta indicadora da qualidade ambiental e fragilidade ecológica.

Biota - Conjunto de seres vivos que habitam um determinado ambiente ecológico, em estreita correspondência com as características físicas, químicas e biológicas deste ambiente.

Britagem - Operação que visa reduzir o tamanho de blocos de rocha vindos da lavra da mina, levando-os a uma granulometria compatível para utilização direta ou posterior processamento.

C

Caçamba - Dispositivo utilizado para carregar ou transportar o material rochoso, utilizado em pás carregadeiras e caminhões.

Calcário - Rocha sedimentar formada essencialmente por carbonato de cálcio, de origem orgânica ou química. Deve-se destacar seu uso na produção do cimento, pedra de construção, cal, mármore, correção de solos, fundente em metalurgia e produção de barrilha.

Caminhões "fora-de-estrada" - Caminhões especialmente adaptados para operar em minerações. Possuem alta capacidade de carga (acima de 25 toneladas) e maior robustez para suportar as condições de carregamento e transporte severas.

Carstificação - Processo do meio físico que consiste na dissolução de rochas pelas águas subterrâneas e superficiais, com formação de rios subterrâneos (sumidouros e ressurgências), cavernas, dolinas, paredões, torres ou pontes de pedra, entre outros. A carstificação é o processo mais comum de dissolução de rochas calcárias ou carbonáticas (calcário, dolomito e mármore), evaporitos (halita, gipsita e anidrita) e, menos comumente, rochas silicáticas (granito e quartzito).

Cascalho - Termo popular usado como sinônimo de seixos (pedras roladas). Denomina-se também cascalho aos depósitos aluviais que contêm diamantes, ouro e cassiterita, localizados no leito dos rios.

Caulim - Argila pura, de cor branca, constituída do argilomineral caulinita. Material muito usado na indústria de papel, artefatos de borracha, refratários, cerâmica, dispersão de inseticida e tintas.

Ciclone - Equipamento de classificação (separação por tamanho em um meio fluído), com ampla aplicação em circuitos fechados de moagem. O princípio básico de operação empregado nos ciclones é o de sedimentação centrífuga. Estes equipamentos também podem ser utilizados para a função de deslamagem, ou seja, separação de partículas muito finas.

Cimentação - Processo de acúmulo ou de recristalização de materiais pré-existentes no interior de uma rocha produzindo material mais resistente com partículas firmemente ligadas. O processo ocorre por meio da ação de uma substância que provoca o fenômeno de "colagem" das partículas.

Clarificação - Operação cujo objetivo é aumentar a pureza da água através da decantação das partículas em suspensão, podendo ocorrer em locais como lagos de clarificação ou tanques.

Classificação - Operação de separação de partículas em duas ou mais frações de tamanhos distintos, realizada tomando-se como base a velocidade com que os grãos atravessam um meio fluído. Exemplos de equipamentos de classificação são o cone de desaguamento, os classificadores espirais, os ciclones e os classificadores verticais.

Colapso - Processo do meio físico que causa o solapamento de uma superfície e o desabamento ou comprometimento de estruturas nela instaladas. Pode ser causada por oscilações do nível d'água subterrânea que diminua a capacidade de suporte de um determinado horizonte de solo.

Colúvio - Solo ou fragmentos rochosos transportados ao longo das encostas de morros, devido à ação combinada da gravidade e da água. Possui características diferentes das rochas subjacentes. Grandes massas de materiais formados por coluviação diferencial podem receber o nome de coluviões.

Cominuição - Conjunto de técnicas utilizadas para reduzir o tamanho de uma partícula sólida por ação mecânica. A fragmentação visa liberar os minerais valiosos dos minerais sem interesse (conhecidos como ganga). No caso de um mineral homogêneo, o objetivo da operação é reduzi-lo até a dimensão necessária.

Conservação ambiental - Conjunto de estratégias e procedimentos, com o objetivo de manutenção das qualidades ambientais de determinado local, incluindo a fauna e a flora, com possibilidade de compatibilidade com o uso racional dos recursos naturais para outros fins.

D

Deslizamento
Ver "Escorregamento".

Dolomito - Rocha formada por carbonato de magnésio e carbonato de cálcio. O acúmulo de carbonato de magnésio se dá por percolação de águas carregadas de sais magnesianos, ou água do mar.

E

Eluvião - Depósito detrítico ou simples capa de detritos, resultantes da desintegração da rocha matriz, permanecendo no local de formação.

Embasamento - Termo empregado para designar rochas mais antigas, geralmente mais metamorfisadas e de estruturação tectônica diferente, que servem de base a um complexo rochoso metamórfico ou sedimentar.

Empolamento - Aumento do volume de uma determinada massa de material, advindo de sua desagregação e retirada do maciço, seguida de rearranjo dos fragmentos e blocos, em outro local.

Erosão - Desgaste do solo ocasionado por diversos fatores, tais como: água corrente, geleiras, ventos, ondas e vagas. No sentido lato, é o efeito combinado de todos os processos degradacionais terrestres, incluindo intemperismo, transporte, ação mecânica e química da água corrente, vento, gelo, etc.

Escarificação - Operação aplicada em solos ou depósitos minerais brandos, cujo objetivo é promover desagregação das partículas. Pode ser realizada com tratores dotados de dispositivo escarificador (ganchos) que realizam cortes radiais no material.

Escorregamento - No sentido mais amplo é todo movimento coletivo de materiais terrosos e/ou rochosos, independentemente da diversidade de processos, causas, velocidades, formas e demais características.

Estéril - Refere-se a substâncias minerais com pouca ou nenhuma aplicação econômica.

F

Fanerozóico - Designação aplicada ao tempo correspondente às eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica, que se estende de 570 milhões a 5.000 anos.

Feldspato - Grupo de minerais sílico-aluminosos mais abundantes na natureza. As variedades ricas em sódio e potássio são muito utilizadas na indústria cerâmica e vidros.

Filito - Rocha metamórfica de granulação fina, constituída por minerais micáceos, argilas e quartzo.

Filtragem - Operação de separação dos sólidos contidos numa suspensão em meio líquido, mediante a movimentação da mistura em meio poroso (telas, por exemplo) que retém as partículas sólidas.

Flotação - Operação de tratamento (concentração/separação) muito utilizada na indústria mineral, onde se induzem partículas de um mineral a aderirem a bolhas de ar e, conseqüentemente, flutuarem ao mesmo tempo em que outro mineral é induzido a afundar, obtendo-se assim a separação desejada entre os minerais de valor e os de ganga.

Folhelho - Rocha sedimentar de granulação fina, apresentando fissibilidade marcante, isto é, tendência a dividir-se em folhas, segundo a estratificação.

G

Gnaisse - Grupo de rochas metamórficas, de textura orientada, granular, caracterizada pela presença de feldspato, além de outros minerais, como quartzo, mica e anfibólio. Rocha muito comum no embasamento cristalino brasileiro.

Granito - Rocha ígnea granular, essencialmente constituída por quartzo, feldspatos e micas. Possui geralmente coloração clara.

H

Hidrociclone - Equipamento utilizado para separar as partículas devido às diferenças de densidade entre as mesmas. É projetado para minimizar o efeito de classificação e maximizar a influência da densidade das partículas; portanto, possui algumas diferenças construtivas se comparado ao ciclone classificador.

Horizonte pedológico - Camada que constitui o solo, condicionada pelas características de sua formação e evolução, ditadas pelo clima, vegetação, relevo, entre outros fatores.

I

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; e V - a qualidade dos recursos ambientais (Resolução Conama 001/86).

Intemperismo - Atividades ou processos da natureza que causam alterações físico-químicas em rochas e minerais, causando desgaste ou perda das características originais, como estrutura, resistência ou componentes químicos.

J

Jazida - Concentração local de uma ou mais substâncias minerais ou fósseis, aflorando à superfície

ou existentes no interior da terra, e que tenham valor econômico. Inclui tanto os minerais propriamente ditos, como também quaisquer substâncias naturais, como substâncias fósseis de origem orgânica, como carvão, petróleo, etc.

L

Lastro - Camada de concreto, brita, areia ou outro material selecionado, que se coloca sobre o leito das estradas de ferro e de rodagem, terrenos de fundação e área de pisos, com o objetivo de compor suas formas construtivas.

Laterita - Rocha secundária, ferruginosa, formada pelo intemperismo em regiões quentes e úmidas tropicais ou subtropicais.

Lavra - Entende-se por lavra o conjunto de operações necessárias à extração industrial de substâncias minerais ou fósseis da jazida.

Lençol freático - Depósito natural e subterrâneo de água a pouca profundidade.

Licenciamento ambiental - Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras, ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Lixiviação - Remoção de material solúvel por água percolante.

M

Mata ciliar - Formações florestais observadas nos diques marginais de grandes planícies, em faixa estreita de vegetação, geralmente isoladas da condição de interflúvio por extensas faixas de vegetação higrófila (de várzea).

Meio antrópico - Meio socioeconômico; ambiente ocupado pelo Homem, com suas inter-relações, intervenções e formas de uso do solo.

Meio biótico - Conjunto de parâmetros ambientais referentes aos condicionantes bióticos de um ambiente, que incluem a fauna, a flora e suas inter-relações.

Meio físico - Parte do ambiente ocupado pelos aspectos abióticos, ou seja, os elementos solo, rocha, ar, água e formas de energia (solar, eólica, gravitacional, etc.), que se inter-relacionam gerando os processos do meio físico.

Mina - Segundo a Legislação Brasileira, é uma jazida em lavra, ainda que suspensa.

Mineral - Elemento ou composto químico, via de regra, resultante de processos inorgânicos, de composição química geralmente definida e encontrado naturalmente na crosta terrestre. Os minerais, em geral, são sólidos; só a água e o mercúrio apresentam-se no estado líquido, à temperatura normal.

Minério - Mineral ou associação de minerais que podem, sob condições favoráveis, ser trabalhados industrialmente para a extração de um ou mais metais. O termo minério é extensivo também aos não-metálicos.

Mineralização - Ocorrência de um depósito mineral, podendo ou não apresentar possibilidade de aproveitamento econômico.

Moagem - Corresponde aos estágios mais finos do processo de cominuição. As partículas são reduzidas num moinho, pela combinação de impacto, compressão, abrasão e atrito, a um tamanho adequado à liberação do mineral que irá ser tratado nos processos seguintes.

N

Nitroglicerina - Composto químico altamente destrutivo e de alta periculosidade, sendo a base dos explosivos chamados "nitroglicerinados", que são dissoluções de nitroglicerina em nitrocelulose. Recentemente, vários explosivos não-nitroglicerinados foram desenvolvidos, para fugir às desvantagens em termos de segurança.

Nível freático - Posição do nível de água de um aqüífero não confinado, na qual a pressão atuante é a atmosférica.

O

Oxidação - Compreende-se como sendo qualquer mudança que sofra um mineral, uma rocha, ou mesmo um solo, graças à adição do oxigênio ou seu equivalente químico.

P

Pelito - Sedimento ou rocha sedimentar formada de partículas finas (silte e argila), ou seja, de granulometria abaixo de 0,06 mm.

Percolação - Movimento da água através de um meio poroso, devido a agentes como a força da gravidade ou pressões externas. Dentre tais meios porosos, podem ser citados desde o solo, até amplas regiões por onde a água pode percolar, tal como um maciço rochoso que possua um conjunto de fraturas que permita tal fenômeno.

Polpa - Nome usualmente dado à mistura de água e minério, utilizado nos processos a úmido de beneficiamento.

Pozolanas - São materiais naturais ou artificiais com constituição silicosa ou sílico-aluminosa que, ao serem finamente moídas e colocadas na presença de água, reagem quimicamente com o óxido de cálcio, em temperatura ambiente,

formando compostos insolúveis, estáveis e com propriedades aglomerantes.

Preservação ambiental - Conjunto de estratégias e procedimentos metodológicos voltados à manutenção total das características ambientais de determinada área ou região, restringindo, ao grau máximo, a utilização da mesma pelo Homem, a não ser para fins científicos.

Q

Quartzito - Rocha constituída por grãos de quartzo, alinhados em camadas. Os quartzitos resultam da transformação geológica (conhecida por metamorfismo) sofrida por certos arenitos. Os quartzitos são utilizados em tijolos refratários de sílica, na siderurgia e na carga de fusão em altos-fornos.

Quaternário - Período geológico da era Cenozóica que se estende de 2,5 milhões a aproximadamente 5.000 anos.

R

Recurso não-renovável - Recurso que existe em quantidade fixa em vários lugares na crosta terrestre e tem potencial para renovação apenas por processos geológicos, físicos e químicos que ocorrem em centenas de milhões de anos. Os recursos minerais são bens não-renováveis.

Recurso natural - Recursos disponíveis na natureza, de origem mineral, vegetal ou animal.

Rejeito - Todo material não aproveitado resultante do processamento do minério.

Rocha ígnea - Rocha formada pelo resfriamento do magma.

Rocha metamórfica - Rocha resultante de transformações sofridas por qualquer tipo e natureza de rochas pré-existentes que foram submetidas à ação de processos termodinâmicos.

Rocha ornamental - As rochas chamadas ornamentais são aquelas submetidas ao polimento e utilizadas com fins decorativos, para revestimentos de superfícies e pisos.

Rocha sedimentar - Rocha formada por processo de sedimentação e litificação. Pode ser de origem inorgânica ou orgânica.

S

Saibro - Material argilo-arenoso alterado proveniente da decomposição química incompleta e desagregação mecânica incompleta de rochas contendo feldspatos, quartzos, micas e anfibólios (granitos e gnaisses), conservando vestígios da estrutura original.

Saprólito - Solo originado da alteração *in situ* de uma rocha.

Solo laterítico - Solos pedologicamente desenvolvidos, homogêneos, porosos, com textura argilo-arenosa, laterizados e com ausência de estruturas residuais da rocha.

Surgência - O mesmo que nascente, local na superfície do terreno onde brota água subterrânea.

T

Talude - Superfície inclinada, construída por máquinas ou com o uso de explosivos, tradicional em minerações (também denominado bancada) e obras lineares (rodovias, ferrovias, etc.).

Terciário - Período geológico da era Cenozóica que se estende de 65 milhões a 2,5 milhões de anos.

Terraplenagem - Processo de reafeiçoamento de terrenos, realizado por máquinas, necessário em obras lineares (rodovias, ferrovias, dutos, etc.). Obras civis em geral e na mineração, em especial na fase de recuperação.

Tratamento do minério - O tratamento ou beneficiamento do minério corresponde ao conjunto de operações interdependentes que se aplicam aos bens minerais, adequando-os a um uso particular, sem alterar a identidade física ou química de seus componentes. São operações de natureza física ou físico-química que modificam apenas a composição mineralógica em termos da proporção das espécies minerais contidas, quanto à forma, ou ainda, à dimensão das partículas.

Turfa - É um combustível fóssil resultante da decomposição de vegetais em ambientes de água doce. A turfa é empregada como combustível doméstico ou industrial em vários países. Outra utilização é como condicionador de solos. Esse material, depois de destilado, produz gás combustível, contendo oxigênio, metano e monóxido de carbono, alcatrão ou outros hidrocarbonetos.

U

Ultralançamento - Efeito secundário indesejado na detonação. É o lançamento de fragmentos de rocha para uma região além da área restrita à detonação. Pode ocorrer, dentre outros fatores, devido ao excessivo carregamento dos furos, existência de fraturas na rocha, perfurações mal feitas, etc.

Z

Zoneamento minerário - Instrumento técnico-legal, geralmente municipal, que delineia distritos com o propósito de regular ou controlar a atividade minerária, ou de alguma forma limitar o uso da propriedade privada e a construção nestas zonas. Pode incluir ou não as unidades de conservação.

PÁGINAS & LETRAS
EDITORA E GRÁFICA LTDA.
RUA JÚLIO DE CASTILHOS, 1.138
CEP 03059-000 - SÃO PAULO - SP
Tels: (11) 6618-2461 - 6694-3449
e-mail: paginas-e-letras@uol.com.br

ISBN 85-09-00125-1

IPT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

SECRETARIA DA CIÊNCIA,
TECNOLOGIA, DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO E TURISMO

GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO
CUIDANDO DE GENTE