

**UNIVERSIDADE DE FEDERAL DO PARÁ**

**THEOPHILO AUGUSTO DA SILVA**

**MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DA AREIA**

Outubro -2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**

**THEOPHILO AUGUSTO DA SILVA**

*Sob a Orientação do Mestre.*  
Osvail André Quaglio

## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>i</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
2.1 Geral .....	3
2.2 Especifico .....	3
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
3.1 Mineração e Meio Ambiente .....	4
3.2 Mineração de Areia para a construção civil .....	6
3.3 Formas de ocorrência dos depósitos .....	8
3.4 Areia .....	9
3.4.1 Areias Industriais .....	9
3.4.2 Areias para Construção Civil.....	10
3.5 Trabalhos de pesquisa mineral: quantificação e qualificação do depósito .....	10
3.6 Métodos de Extração .....	12
3.6.1 Extração por escavação .....	12
3.6.2 Extração por desmonte Hidráulico .....	14
3.6.3 Extração através da dragagem hidráulica em leitos submersos.....	17
3.7 Impactos da mineração de areia.....	19
3.7.1 Impacto sobre as águas. ....	19
3.7.2 Geração de resíduos sólidos .....	20
3.7.3 Impacto sobre os ecossistemas .....	20
3.8 Solo e suas características.....	21
3.8.1 Retirada do solo orgânico e decapeamento .....	22
3.9 Recuperação da área após a lavra .....	24
3.9.1 A revegetação na mineração.....	24
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Pólos de Mineração de areia no Estado de São Paulo. ....	7
Figura 2 - Lavra por escavação por meio de pás. ....	13
Figura 3 - Lavra por escavação por meio de escavadeiras. ....	14
Figura 4 - Lavra por desmonte hidráulico em cava seca ou encostas de morros. ....	16
Figura 5 - Desmonte hidráulico. ....	16
Figura 6 - Lavra por dragagem em leito de rio ou cava submersa. ....	17
Figura 7 - Processo de lavra por dragagem em leito de rio ou cava submersa. ....	18
Figura 8 - Perfil hipotético do solo. ....	22
Figura 9 – Perfil do solo onde se distingue a camada orgânica e a argilosa. ....	23
Figura 10 – Área recuperada após a lavra. ....	28
Figura 11 – Área recuperada durante o processo de lavra. ....	28

## MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DA AREIA

Autor: Theophilo Augusto da Silva  
Orientador: Mestre. Osvail André Quaglio

### RESUMO

Em busca de abrigo, conforto e qualidade de vida, o homem passou a explorar os bens naturais. Em primeiro plano utilizou-se a madeira, depois com as novas formas de vida mudou para a alvenaria utilizando os minerais aparentemente inesgotáveis. Com a chegada de novas tecnologias, industrialização e modos de vida, assim como construções de grandes centros urbanos, a demanda de recursos, principalmente os de utilização in natura na construção civil, como por exemplo, a areia, passou a ser muito grande, tornando a exploração mineral uma atividade praticamente predatória. Diante deste quadro, com o aumento da demanda de areia, a expansão do setor minerário e com o avanço da tecnologia, observou-se um aumento de empreendimentos minerários e também das áreas degradadas. Contudo, apesar dos esforços de órgãos competentes e autoridades relacionadas, a tecnologia e preocupação com áreas impactadas, não obteve o mesmo avanço. Na região do Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, existem diversas áreas com portos de areia, poucos deles recuperam suas área de forma adequada. Essa região, que é a principal fornecedora de areia para a região metropolitana de São Paulo, é alvo de estudo deste trabalho. O presente trabalho apresenta os métodos de extração de areia, a recuperação da área após a lavra, relevando as medidas mitigadoras, e considerações para a realização de um processo de forma equilibrada, que supra a necessidade do homem e minimiza o impacto no meio ambiente.

Palavras chaves: Extração de areia. Métodos. Meio ambiente.

## SAND EXTRACTION METHODS

Author: Theophilo Augusto da Silva  
Adviser: Master. Osvail André Quaglio

### ABSTRACT

Searching for shelter, comfort and quality of life, mankind began to explore natural resources. First we used wood, then, the rise of new ways of life, mankind turned to use masonry using minerals that seemed to be inexhaustible. With new technologies, industrialization and ways of life, as well as the constructing of new urban centers, the demand of resources, mainly the ones of “in natura” uses on civil construction, like sand, for example, became very large, turning the mineral exploration a predatory activity. The increase of the demand of sand, the expansion of the mining sector and the technology improve, it was observed an increase, of mining enterprise and affected areas although, despite of the competent public organ efforts and related authorities, the technology and concerning with impacted areas, didn't enhanced in the same way. The Vale do Paraíba do Sul region, São Paulo State, there are many sand ports, and just a few of them recover the affected areas in proper way. This region is the main sand provider to the metropolitan region of the São Paulo and it is the purpose of this work. This work presents the sand extraction methods, the recover after the mining installation, the quell measures, and considerations of the accomplishment of a equilibrated process, to improve the mankind needs, minimizing the environmental impacts.

Keywords: Sand extraction. Methods. Environment.

# 1 INTRODUÇÃO

Em busca de abrigo, conforto e qualidade de vida, o homem passou a explorar os bens naturais. Em primeiro plano utilizou a madeira, depois com novas formas mudou para a alvenaria utilizando os minerais aparentemente inesgotáveis. Com a chegada de novas tecnologias, industrialização e modos de vida, como o individualismo e construções de grandes centros urbanos, a demanda de recursos, principalmente os de uso *in natura* na construção civil, passou a ser muito grande tornando predatória a exploração mineral.

Os rios representam um dos mais importantes agentes geológicos modeladores da superfície terrestre, como também desempenham papel ecológico, econômico e social de grande relevância para o desenvolvimento da vida humana. Civilizações antigas floresceram e se desenvolveram as margens dos grandes rios, como por exemplo, o Eufrates e Nilo. Ainda hoje, grandes cidades estão estabelecidas e desenvolvem-se às margens de rios, as quais estão intimamente relacionadas. Na antiguidade, os rios constituíram um meio de penetração do homem em direção ao interior dos continentes, e até hoje muitos rios continuam exercendo esta função. Esta relação dos cursos fluviais com a vida humana constitui um objeto de grande preocupação, pois interfere no perfeito funcionamento do sistema.

As atividades mineradoras desenvolvidas em sistemas fluviais são de grande importância, embora possam desenvolver impactos ambientais, por vezes irreversíveis (BRANDIT, 1998). O crescimento acelerado de grandes centros urbanos, geralmente de maneira desorganizada, aumenta a necessidade desta matéria prima e pode produzir a degradação ambiental (POOPP, 1992).

O dilema “ou desenvolvimento ou meio ambiente” é totalmente equivocado, na medida em que, sendo um a fonte de recurso para o outro, devem harmonizar-se e

complementar-se. Isto implica dizer que a política ambiental não se deve erigir em obstáculo ao desenvolvimento, mas sim em um de seus instrumentos, ao propiciar a gestão racional dos recursos naturais. Já que as metas indispensáveis são: o desenvolvimento, a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida, o desenvolvimento sustentável deve ser a base conciliadora destas metas.

A atividade de mineração consiste em uma atividade econômica pública, de lavra e de concentração de minérios, caracterizada pelo aproveitamento de recursos naturais, suprimindo a humanidade de insumos minerais na forma de matérias-primas, energia, cargas e de outras substâncias acessórias nos mais diversos processos industriais e construtivos, essenciais à vida e fundamentais para o progresso e desenvolvimento socioeconômico da sociedade moderna. Para os processos e métodos de desenvolvimento econômico e social, com qualidade ambiental, hoje existentes no mundo, pode-se afirmar que não há progresso sem a mineração e seus produtos. Atualmente, a sociedade precisa de minerais para cada vez mais finalidades, como para a indústria, a agricultura, a construção civil etc (OTANI, 2007).

Nas sociedades industrializadas, cada indivíduo consome cerca de 10 toneladas por ano de minerais e produtos de base mineral, sendo 87% destes minerais de uso direto na construção civil, como é o caso da areia. No Brasil, 90% da areia é produzida de extração em leito de rios, segundo relatório do Departamento de Produção Mineral (DNPM, 2002).

Buscando uma linha de trabalho que alie produção e preservação ambiental, o presente trabalho analisa os métodos de extração de areia no Vale do Paraíba, por constituir uma importante bacia da região sudeste.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste em apresentar os processo de extração de areia e sua viabilidade econômica ambiental.

### **2.2 Especifico**

- Explicar o funcionamento do método de extração de areia na região do Vale do Paraíba-SP de maneira que a atividade seja desenvolvida de forma sustentável.
- Servir de material para pesquisa em trabalhos futuros.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 Mineração e Meio Ambiente**

A mineração é entendida como uma atividade de lavra e de concentração de minérios, que consiste na retirada de minerais da natureza, através de diferentes métodos, que variam principalmente com o tipo de minério e a área de extração. É uma atividade de extrema importância à construção civil, à agricultura, à indústria, apresenta uma acentuada oferta de empregos, inclusive em áreas de vazios geográficos e/ou econômicos, possuidores de difíceis alternativas de desenvolvimento. A história da humanidade está intimamente ligada à extração mineral, a tal ponto que as etapas de desenvolvimento da cultura humana são divididas em função do tipo de mineral utilizado (idade da pedra, cerâmica, ferro, bronze etc.).

Segundo Farias (2002), a mineração é um dos setores básicos da economia no país, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade, desde que seja operada com responsabilidade social. Na Conferência Rio + 10, realizada em 26 de maio a 29 de agosto de 2002, em Johannesburgo, em várias partes de seu documento final, assinado por todos os países presentes, a mineração foi considerada como uma atividade fundamental para o desenvolvimento econômico e social de muitos países, tendo em vista que os minerais são essenciais para a vida moderna.

Levando-se em consideração a importância da mineração, os impactos ambientais que tal atividade causa, o aumento da atividade mineral no mundo, as restrições de caráter ambiental e o crescente porte dos empreendimentos, a aplicação de técnicas específicas para a mitigação e prevenção dos impactos causados por este tipo de atividade tem desempenhado papel cada vez mais destacado. Segundo o livro

Geologia de Engenharia, o envolvimento da Geotecnia nos processos de mineração se verifica tanto nos serviços característicos da atividade mineira, tais como estabilidade dos taludes das minas e das aberturas subterrâneas, disposição de estéril, drenagem de água, disposição de rejeitos, como também nos serviços típicos das obras civis presentes nestes empreendimentos, como fundações, terraplenagem, drenagem e pavimentação. Deve ser destacada também, a importância do envolvimento dos serviços de agronomia, visando a vegetação do local afetado.

A intensidade da degradação provocada pela atividade de mineração depende do volume, do tipo de mineração e dos rejeitos produzidos. A recuperação das áreas afetadas resulta numa paisagem estável, em que: a poluição do ar e da água é minimizada, a terra volta a ser auto-suficiente e produtiva, o habitat da fauna é restabelecido, e uma paisagem esteticamente agradável é estabelecida. A ação de recuperação, cuja intensidade depende do grau de interferência ocorrida na área, pode ser realizada através de métodos edáficos (medidas de sistematização do terreno) e vegetativos (restabelecimento da cobertura vegetal).

O Decreto Federal nº 97.632/89 obriga todo minerador a recuperar a área degradada. Nas minerações há também o termo “reabilitação”, associado ao objetivo de atribuir ao local alterado, um uso ao solo, em condições compatíveis com a área e a ocupação circunvizinha. O aproveitamento da área poder ser para uma nova finalidade ou para a já existente antes da intervenção. Para que isso ocorra, é necessário que a estabilidade do ambiente seja assegurada a curto prazo e seja vinculado ao projeto futuro para a área, agregando o conceito de sustentabilidade ambiental (OTANI, 2007).

De acordo com Bem (2004), a tendência atual da relação “meio ambiente e mineração” é a da previsão, antes do início da atividade, dos efeitos da implantação de uma mina sobre o meio ambiente natural e humano, não devendo, portanto, ser a conservação ambiental obstáculo à implantação e desenvolvimento dessa atividade.

Dessa forma, é de fundamental importância que haja a atuação intensa, ambiental e consciente nos empreendimentos de mineração, não somente na etapa de desativação da obra para a preparação da área para outra finalidade, mas também na fase de implantação e operação da obra, para que os devidos cuidados sejam tomados, garantindo assim uma recuperação efetiva do local.

Embora historicamente reconhecida como atividade de elevado impacto ambiental, a mineração se tornou um dos setores que mais contribuíram para o aperfeiçoamento das tecnologias de recuperação de áreas degradadas.

### **3.2 Mineração de Areia para a construção civil**

A areia é conceituada na indústria como um bem mineral constituído predominantemente por quartzo de granulação fina e pode ser obtida a partir de depósitos de leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas. O termo areia também tem a conotação granulométrica. Segundo Caruso & Sbrighi Neto (1983), areia é um material granular, não coesivo e constituído de partículas de dimensões que variam de 0,07 a 2,0 mm. Estes autores apresentam ainda a definição da ABNT para uso em engenharia civil, em que a definição da areia é “solo constituído por grãos minerais cuja maioria aparente têm diâmetro entre 0,05 e 4,8 mm, caracterizando-se pela sua textura, compacidade e forma de grãos”.

A areia é utilizada principalmente na construção civil. O outro segmento que mais utiliza areia é o de pavimentação de ruas e rodovias.

Segundo DNPM (2002), destacam-se como principais pólos de produção de areia as regiões do Vale do Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo, que representa cerca de 25% da produção paulistana e 10% da produção nacional. Outras grandes regiões produtoras são: Sorocaba, Piracicaba e Vale do Rio Ribeira de Iguape, também no Estado de São Paulo; Seropédica, Itaguaí, Barra de São João e Silva Jardim, no Estado do Rio de Janeiro; os Rio Guaíbas, Caí e Jacuí, no Estado do Rio Grande do Sul; Vale do Rio Itajaí, em Santa Catarina; Várzea do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba, Vale do Rio Tibagi no Município de Ponta Grossa e o Rio Paraná na Região Guairá, no Estado do Paraná.

No estado de São Paulo, como demonstra a Figura 1, podem ser destacados 8 pólos minerários situados nas regiões da Grande São Paulo, Vale do Paraíba e Alto Tietê, Vale do Ribeira e adjacências, Vale do Paraná, e nos cinturões de Campinas, Sorocaba, Ribeirão Preto, Bauru e Botucatu.

O Estado de São Paulo ocupa o segundo lugar na produção mineral nacional de areia, ficando apenas atrás de Minas Gerais.

Segundo Frazão (2000), nacionalmente, o panorama é de 90% de extração de areia de leitos de rio e apenas 10% em cava seca (desmonte hidráulico). No Estado de São Paulo, 45% é proveniente de várzeas, 35% de leito de rios e o restante das outras fontes

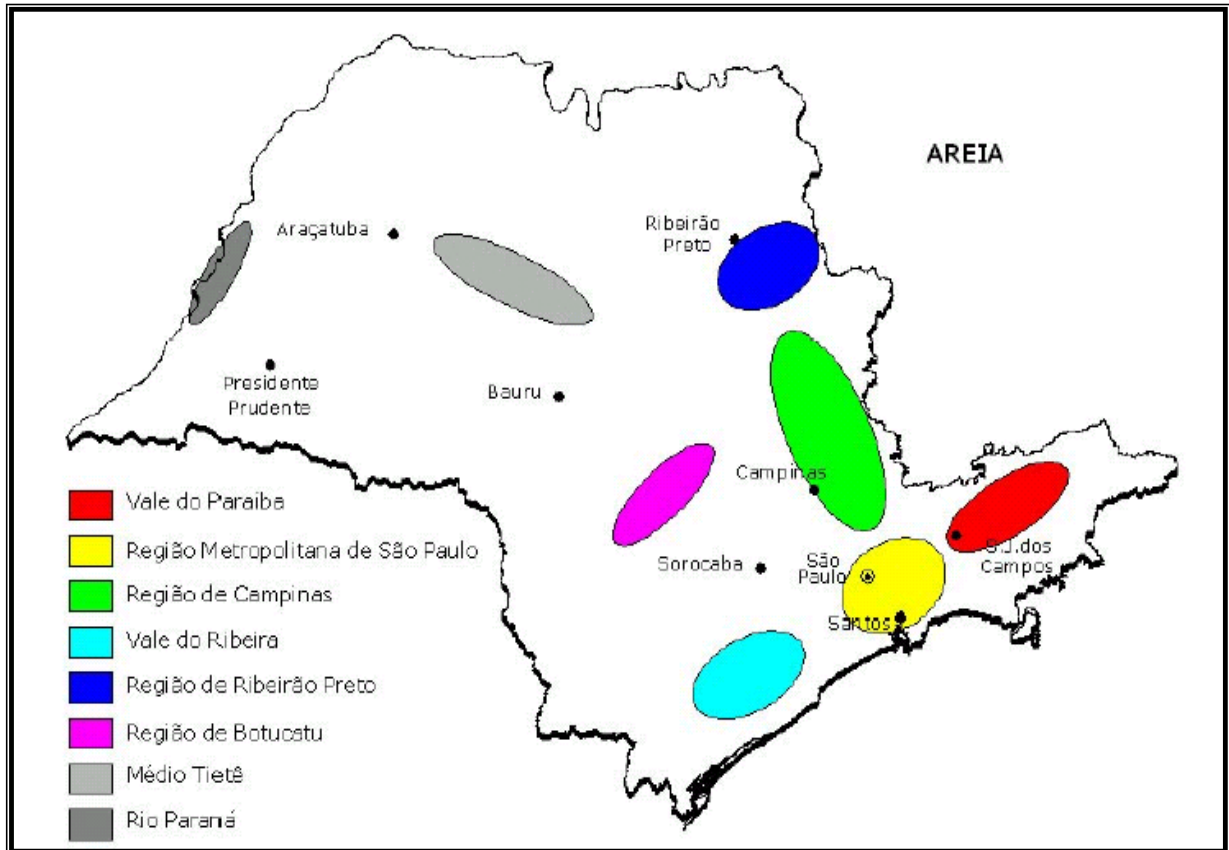


Figura 1 - Pólos de Mineração de areia no Estado de São Paulo.  
Fonte: IPT, 2002

De acordo com o IPT, a areia para construção civil pode ser definida como uma substância mineral granular, inconsolidada, constituída por grãos predominantemente quartzosos, com tamanhos na faixa entre 0,07 mm e 2,0 mm. Além do quartzo, outros minerais também podem estar presentes na composição das areias, em quantidades variáveis, a depender da natureza geológica do depósito, como feldspato, mica, minerais pesados, óxidos e hidróxidos de ferro.

Comercialmente, a areia para construção civil recebe 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.

A areia é quase sempre comercializada na forma como é extraída, passando, na maioria das vezes, apenas por grelhas fixas que separam as frações mais grossas (cascalho, pelotas, concreções) e eventuais sujeiras (matéria orgânica, folhas, troncos), e por uma simples lavagem para retirada de argila.

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

-areia grossa: (2,0 mm – 1,2 mm)

-areia média: (1,2 mm – 0,42 mm)

-areia fina: (0,42 mm – 0,05 mm)

Na construção civil, a areia é empregada como agregado para concreto, argamassa, filtros, abrasivos, blocos, bases de pavimentos de concreto e asfalto, dentre outros. A sua granulação e forma têm papel importante na economia do consumo de cimento, na preparação de argamassas ou de concreto.

Apesar de não haver um rígido controle das especificações químicas e mineralógicas, a aplicação da areia na construção civil tem restrições a materiais deletérios (matéria orgânica, materiais friáveis, sais solúveis, materiais pulverulentos), que podem interferir na qualidade do concreto e das argamassas (OTANI, 2007).

Segundo Frazão (2000), o principal consumidor de areia costuma ser os pequenos construtores, que responde por cerca de 80% do consumo total, ficando o empreiteiro em segundo lugar.

### **3.3 Formas de ocorrência dos depósitos**

Os depósitos de areia são o resultado da concentração de grãos de quartzo pelos agentes naturais de intemperismo, transporte e deposição a partir de rochas preexistentes, gerando acumulações com maior ou menor concentração de areia e diferentes graus de facilidades nas técnicas de extração e recuperação ambiental.

A mineração de areia pode estar relacionada a cinco ambientes geológicos distintos:

- leitos de rios;

- planícies e terraços aluviais de fundos de vales;

- planícies costeiras;
- coberturas de morros constituídas por formações sedimentares arenosas mais antigas;
- coberturas de morros com mantos de alterações de rochas cristalinas quartzosas (OTANI, 2007).

### **3.4 Areia**

A areia é um bem mineral que, em função de suas propriedades físico-químicas e granulométricas, pode ser utilizada tanto nos setores industriais quanto nos setores da construção civil.

#### **3.4.1 Areias Industriais**

O termo areia industrial é definido como “ ... material granulado composto predominantemente por quartzo, contendo quantidades pequenas e controladas de outros minerais. É chamada de areia industrial porque se destina a suprir as necessidades de sílica moída ou em grãos, da indústria de transformação em geral”. (DNPM, 1988).

A areia industrial é composta essencialmente de quartzo, com uma porcentagem em peso inferior a 1% de feldspatos e minerais pesados (zircão, magnetita, ilmenita, estauroлита, cianita, turmalina, rutilo etc...).

As areias industriais, pelas suas características, apresentam um amplo universo de empregos, podendo se destacar a indústria vidreira, cerâmica, de abrasivos, fundição, siderurgia, indústria química (tintas, fertilizantes, explosivos, defensivos agrícolas), entre outros usos.

As especificações para a areia industrial dependem de cada tipo de uso, sendo fixadas por associações técnicas ou pelas próprias empresas consumidoras. São consideradas principalmente as seguintes características: granulometria, composição, química, teor de argila, forma dos grãos e composição mineralógica.

No estado de São Paulo, particularmente nas áreas ao redor das cidades de Descalvado, Analândia, Rio Claro e São Simão encontram-se as principais reservas e indústrias extrativas de areia industrial do país. São areias com características especiais, que apresentam elevado valor após seu beneficiamento, sendo estas areias exploradas em áreas de ocorrência da Formação Pirambóia. As áreas da região litorânea aqui abordada

já foram grandes produtoras para a indústria, remanescendo atualmente poucas produtoras (BAUERMEISTER, 2006).

### 3.4.2 Areias para Construção Civil

As areias apresentam características tecnológicas diferentes em função da formação geológica onde são extraídas. Do ponto de vista genético as areias quaternárias são as mais procuradas para a utilização como agregado miúdo na construção civil, pois apresentam uma granulometria maior que as demais e menor percentual de argila, silte e feldspato.

As areias destinadas à construção civil devem ter suas faixas granulométricas entre 4,8 e 0,075 mm, com características mineralógicas e físicas adequadas para atender às solicitações técnicas impostas para as suas aplicações, seja para agregado para concretos, argamassas, massas finas ou outros usos na construção civil. No caso do concreto, por exemplo, as características e propriedades da areia influenciam diretamente na qualidade do mesmo, estabelecendo a trabalhabilidade da massa e a quantidade de cimento utilizado na preparação do concreto, contribuindo dessa forma na redução do custo final das obras.

No estado de São Paulo, os mais expressivos depósitos sedimentares quaternários explorados para o emprego na construção civil encontram nos leitos e áreas de várzea dos rios Tietê, Mogi-Guaçu e Paraíba do Sul, existindo, no entanto, outros locais onde as reservas de areia apresentam valores bastante consideráveis, viabilizando assim sua exploração. A área em questão pode fornecer areia não somente para a região metropolitana de São Paulo, como também para a região litorânea da baixada Santista. Esta é pesquisada tanto na várzea quanto no leito do rio (BAUERMEISTER, 2006).

## **3.5 Trabalhos de pesquisa mineral: quantificação e qualificação do depósito**

Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), os trabalhos referentes à pesquisa somente podem ser desenvolvidos após a obtenção do Alvará de Pesquisa. Estes trabalhos correspondem ao aprofundamento dos estudos, abrangendo trabalhos orientados à comprovação da existência do depósito, e em seguida, à sua cubagem, que corresponde à avaliação de suas dimensões, qualificação do minério e

distribuição de suas propriedades ao longo do corpo do depósito, bem como a realização de análise preliminar da exeqüibilidade de seu aproveitamento econômico.

A pesquisa envolve o desenvolvimento de uma série de trabalhos técnicos especializados, que de uma forma geral enquadra indispensavelmente os trabalhos:

- de topografia;
- mapeamentos geológicos;
- escavações;
- análises e ensaios laboratoriais;
- cálculo de reservas.

Além disso, são freqüentemente e/ou eventualmente necessários os trabalhos:

- sondagem manual ou mecanizada;
- ensaios de beneficiamento;
- levantamentos geofísicos;
- levantamentos geoquímicos.

Os locais de acumulação de areia, em geral, apresentam uma relativa facilidade para as avaliações quantitativas e qualitativas quanto a outros bens minerais. A geometria tabular ou lenticular simples, aliada à baixa consistência do material, permite sondagens menos onerosas, com trado manual ou mecânico em malhas regulares. No caso da amostragem de sedimentos que estiverem sob água, torna-se necessário o revestimento dos furos e o uso de amostradores mais fechados ou com válvulas para evitar o escoamento e perda das amostras.

A malha de sondagem deve ser dimensionada de forma a cobrir toda e extensão do depósito, sendo que, à medida que ocorrem variações significativas de espessura e qualidade do material arenoso, deve-se diminuir o espaçamento das perfurações, adensando a malha, para permitir cálculos confiáveis de reserva.

O material amostrado deve ser submetido a análises e ensaios que permitam prever o seu comportamento na argamassa ou concreto, principalmente no que se refere a minerais deletérios e pulverulentos.

Para a qualificação da areia com a finalidade de aplicação na construção civil, são indicadas as seguintes caracterizações laboratoriais:

- análise mineralógica: identificação dos principais minerais constituintes e eventuais deletérios;

-análise granulométrica: caracterização do tamanho dos grãos e indicação de intervalos granulométricos para aplicação;

-análise química para identificação de sais deletérios: cloretos e sulfatos.

Como resultado, os trabalhos de pesquisa mineral devem mostrar a composição e a distribuição espacial do corpo de minério, com as variações de espessura, granulometria e distribuição de teores. Estes parâmetros são importantes para se planejar o aproveitamento otimizado da jazida.

A mineração de areia é conduzida, usualmente, por meio de três tipos de operações de lavra: escavação, desmonte hidráulico e dragagem hidráulica em leitos submersos. Sendo o desmonte e a dragagem baseados na ação da água, tanto para desagregação do minério, como para seu transporte em forma de polpa na classificação dos produtos. Embora os princípios técnicos de condução das lavras mantenham-se uniformes, existe uma grande variedade de procedimentos práticos, equipamentos e insumos utilizados, cuja escolha depende, basicamente, das condições da jazida, da escala de produção pretendida e dos tipos de produtos a serem comercializados (DNPM, 2009).

### **3.6 Métodos de Extração**

Conforme se verificou no DNPM (2009), os seguintes métodos de extração de areia mais utilizados:

- por escavação;
- por desmonte hidráulico; e
- drenagem hidráulica em leitos submersos.

#### **3.6.1 Extração por escavação**

Método rudimentar, realizado por meio de pás (Figura 2) ou escavadeiras em colunas d' água pouco profundas (Figura 3), promovendo o desmonte manual das jazidas.

O processo normalmente se inicia com a remoção da camada de solo depositado sobre a jazida, que em seguida é explorada com o auxílio de pás ou escavadeiras. Quando a jazida se encontra submersa em leito de rio e córregos, a extração normalmente se inicia nos trechos montante de cada pátio, avançando para jusante à medida que a extração for se desenvolvendo nos trechos de assoreamento ao longo do leito.

Os pátios são instalados nas margens do rio próximo as frentes de lavra. Como ocorre uma reposição constante do material, o final das atividades, somente vai ocorrer se a reposição da areia for muito lenta, não justificando a continuidade da lavra (BAUERMEISTER, 2006).



Figura 2 - Lavra por escavação por meio de pás.  
Fonte: Bauermeister, 2007



Figura 3 - Lavra por escavação por meio de escavadeiras.  
Fonte: Bauermeister, 2007

### 3.6.2 Extração por desmonte Hidráulico

Segundo Otani (2007), este método é utilizado para a lavra de depósitos de areia localizados nas planícies fluviais ou nas encostas de morros contendo camadas formadas a partir da alteração de rochas cristalinas. No caso das encostas, a lavra costuma desenvolver-se pelas encostas intemperizadas podendo aprofundar-se em cava, que são mantidas secas com exceção dos locais estabelecidos para a transferência de polpa.

Para que ocorra este tipo de método de lavra, na maioria dos casos é necessário o decapeamento da área objeto de lavra, que consiste na remoção da camada estéril de solo que recobre o depósito mineral. Segundo Almeida (2002), esta camada normalmente contém uma subcamada superficial de solo orgânico acima de uma subcamada de solo argiloso. De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), as camadas superficiais de solo devem sofrer manejo adequado e serem estocadas para posterior aproveitamento na recuperação das superfícies mineradas que são revegetadas.

O método de desmonte hidráulico consiste em um jato de água em alta pressão que promove o desmonte do material (Figura 4). Esse jato é levado através de mangueiras incidindo diretamente na base do talude da frente de lavra, causando um desmoronamento

controlado e a movimentação por gravidade, formando uma polpa de concentração, que é bombeada até os estágios operacionais subsequentes, de separação do minério dos outros materiais. Para o auxílio do direcionamento da polpa formada, em algumas minas são construídas canaletas. 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 atingem até 40 a 60 m, o que não é recomendável do ponto de vista de segurança devido ao aumento da probabilidade de formação de superfícies côncavas e ao alto risco de deslizamento de massa. A água a ser utilizada para o desmonte hidráulico deve ser bombeada de um corpo d'água localizado nas proximidades do empreendimento (Figura 5). Para a sua captação devem ser utilizadas plataformas flutuantes contendo uma bomba flutuante.

A extração se dá até uma profundidade onde o material puder ser extraído. Ao final da atividade, a retroescavadeira é utilizada para o acerto e recomposição dos taludes marginais. Após este processo, a área lavrada recebe uma camada de solo, dando-se início à recuperação.

Os impactos ambientais que tal método de lavra pode causar, correspondem aos impactos causados no solo, devido ao decapeamento deste. A falta de vegetação no solo não permite a atribuição de um uso a este, a sustentabilidade da área afetada relacionada a preservação da fauna e flora, e deixa o solo suscetível a processos erosivos (OTANI, 2007)

Segundo o IPT (2002), algumas condicionantes são essenciais para garantir a eficiência da extração através do método de desmonte hidráulico:

- 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 a disposição dos rejeitos do processo;
- Possibilidade de incorporação das operações de beneficiamento, visando promover a seleção do minério em meio aquoso;
- Gradiente favorável na frente da 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).

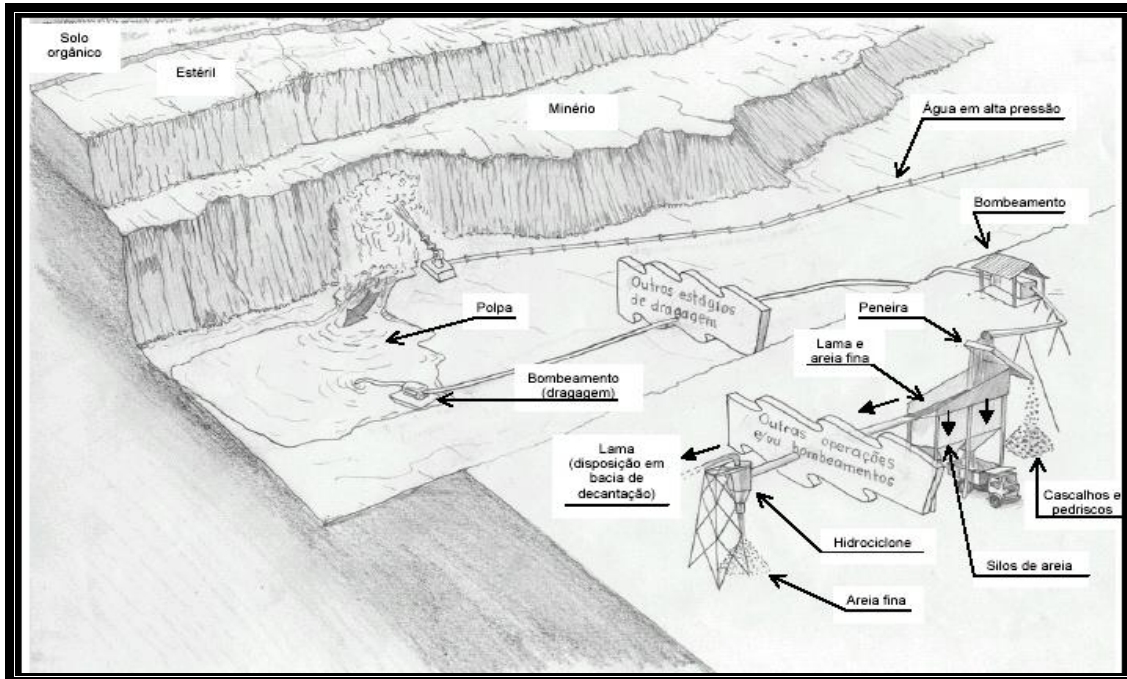


Figura 4 - Lavra por desmonte hidráulico em cava seca ou encostas de morros.  
Fonte: IPT, 2002.



Figura 5 - Desmonte hidráulico.  
Fonte Bauermeister, 2006.

### 3.6.3 Extração através da dragagem hidráulica em leitos submersos

O termo dragagem é empregado de maneira ampla para qualquer tipo de mineração ou obra civil em que é retirado material sob leito de água (Figura 6). Na drenagem de areia, o material encontra-se em camadas de sedimentos arenosos no fundo dos rios, lagoas, represas, cavas submersas, etc. Em geral, são depósitos com espessura variável desde poucos metros, podendo atingir dezenas de metros, e contendo material não consolidado, condição necessária para permitir a utilização do método de drenagem (BAUERMEISTER, 2006).



Figura 6 - Lavra por dragagem em leito de rio ou cava submersa.  
Fonte: Bauermeister, 2008.

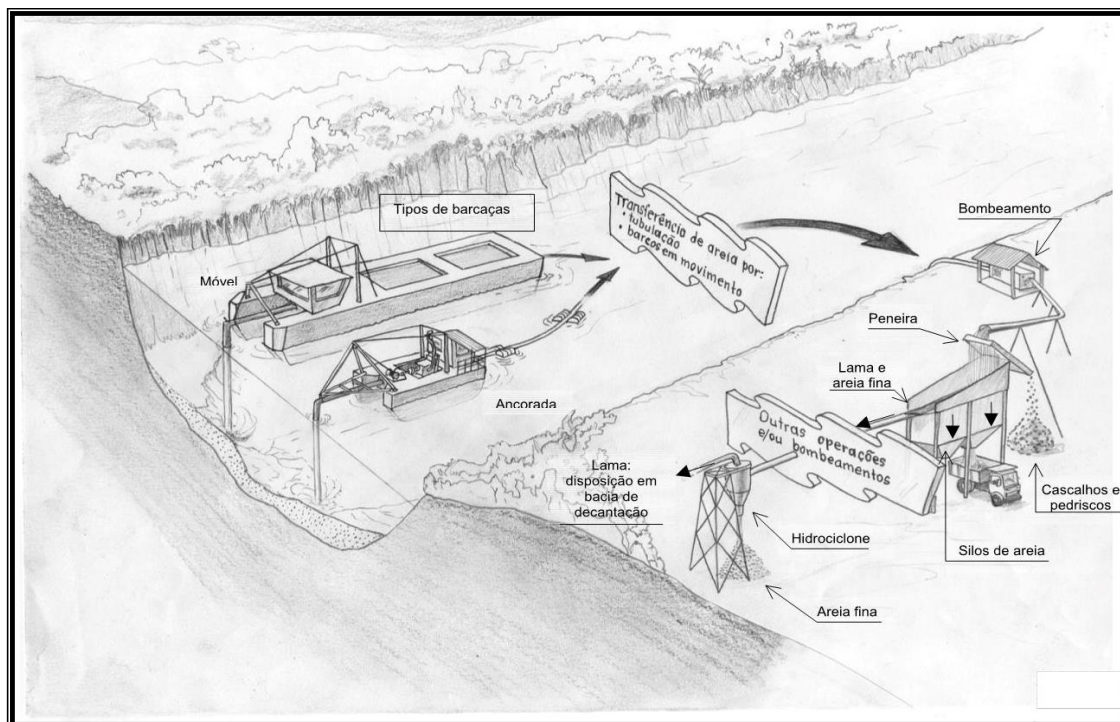


Figura 7 - Processo de lavra por dragagem em leito de rio ou cava submersa.  
Fonte: IPT (2002).

Segundo Almeida (2002), a dragagem hidráulica é caracterizada por um sistema de bombeamento que promove a sucção da polpa formada a partir da superfície de ataque do leito submerso. O ponto de sucção no fundo da água é atingido através de tubulação, em cujo interior a polpa é transportada (Figura 7). As possibilidades de operações subsequentes desta classe de minerações são similares aquelas já comentadas para o desmonte hidráulico.

Casos mais simples correspondem as minerações de areia que realizam apenas um peneiramento grosseiro para separação da fração cascalho, e contam com algum dispositivo de decantação como uma caixa de lavagem onde ocorre a separação entre o material mais fino, constituído pela fração argilosa transportada com o excedente de água, areia média ou grossa que se deposita no fundo da caixa, sendo transferida para pilhas de estocagem ao ar livre ou silos de armazenamento, e posteriormente carregada diretamente em caminhos basculantes convencionais para transporte do produto final assim obtido. Quando a polpa de rejeitos finos, a boa técnica recomendada que seja transferida para um local apropriado. No caso de pequenas minerações que dragam em leitos de rio é recomendável a construção de uma caixa de alvenaria ou ferro construída em cavidade no solo visando a sedimentação natural destes rejeitos. Se o local utilizado para sedimentação for pequeno e não tiver sido projetado como definitivo para disposição

destes resíduos, faz-se necessária a retirada periódica do material depositado por escavação mecânica a seco, e sua disposição final em local previamente destinado para esta finalidade. Nas minerações que operam em cava submersa, os rejeitos podem ser transferidos para bacias de decantação que em geral correspondem as cavas já lavradas, ou ainda, para porções mais afastadas e já lavradas da própria cava em operação. Decorrido um certo tempo, há o clareamento da água, que eventualmente podem ser reaproveitada em circuito fechado para alguma operação do processo, ou simplesmente reorientada para o rio ou para a cava da mineração

### **3.7 Impactos da mineração de areia**

Para os fins do presente trabalho serão citados os impactos relacionados com o meio, com o desenvolvimento das espécies animais e vegetais do ambiente atingido pela atividade.

#### **3.7.1 Impacto sobre as águas.**

Segundo Almeida (2002) na operação de extração de areia, a água é o instrumento principal para a obtenção da areia. No processo de lavagem e peneiramento das areias são liberadas, como rejeitos, as frações finas, muitas vezes lançadas diretamente em corpos de água ou em cavas abandonadas e bacias de decantação a eles associadas, provocando a poluição das águas. O maior efeito impactante ocorre na elevação dos valores de turbidez, causando diminuição da luminosidade e prejudicando a biota do rio. Este impacto ocorre também, na dragagem de areia de leito de rio, com o agravante de não estar circunscrito a área de uma lagoa, afetando também as comunidades bentônicas, formas de vida habitantes do leito dos rios, em trechos variáveis, dependendo da sua vazão e das características dos sólidos em suspensão.

Se existirem focos de erosão ou uma drenagem também vai haver aumento da carga de sedimento nos cursos de água, causando seu assoreamento e favorecendo a ocorrência de inundações. Isto pode acontecer no caso em que os rejeitos e estéreis sejam depositados em pilhas de bota-fora e fiquem expostos principalmente aos efeitos das chuvas.

Por outro lado, os poluentes orgânicos provenientes de instalações sanitárias são nutrientes de microorganismos que degradam e consomem oxigênio neste processo. Há, em consequência, uma diminuição da capacidade de autodepuração dos corpos de água.

### 3.7.2 Geração de resíduos sólidos

O resíduo ou rejeito que resulta da separação do material útil (areia), e das partículas indesejáveis, denomina-se “fino” e esta constituído de argila, silte e areia muito fina. Como a separação deste rejeito é por via úmida, apresenta-se na forma de polpa composta de água e partículas finas em suspensão. Para promover a sedimentação, esta polpa é disposta em lagoas de decantação. Estas lagoas ocupam grandes superfícies que posteriormente têm que ser recuperadas. Tal fato altera as qualidades do solo e o uso que tenha ou possa ter. A geração de poeira, material particulado em suspensão também pode causar algum prejuízo ao desenvolvimento das espécies vegetais pela disposição das partículas na superfície (ALMEIDA, 2002).

### 3.7.3 Impacto sobre os ecossistemas

Quando há supressão da vegetação, os impactos mais significativos podem ser:

- perda de biodiversidade; o desmatamento de áreas para implantação da mina e outras instalações como bacias de decantação, pátios de manobras, vias de circulação, e outros resulta na perda direta de inúmeras espécies de vegetais e traz como consequência a perda de outras espécies vegetais ou animais que eram sustentadas pela vegetação que foi suprimida. Deve-se considerar que não há somente perda de determinado número de espécies, mas também da diversidade genética e de habitats.

- perda ou fragmentação de habitats; a fauna é afetada pela perda de abrigo e fonte de alimentação. As espécies vegetais e animais menores que dependem das outras para viver também são afetadas, como exemplo, espécies parasitas que dependem de plantas superiores, comunidades de insetos que dependem do horizonte como refúgio e alimento, microorganismos da superfície e interior do solo etc. Por outro lado, na lavra por drenagem, o soterramento das comunidades bentônicas resulta no empobrecimento da população de peixes, de algumas aves e de outros animais que se utilizam deste meio (ALMEIDA, 2002).

### 3.8 Solo e suas características

O termo solo pode ter muitos significados e acepções dependendo da atividade ou finalidade de uso. Em relação à mineração e meio ambiente segundo Almeida (2002), o solo pode ser definido como uma massa natural escavável, que compõe a superfície da terra, proporcionando suporte ao crescimento das plantas. O solo é composto por partículas de rochas em diferentes estágios de desagregação, água, substâncias químicas em solução, ar, organismos vivos e matéria orgânica em distintas fases de decomposição.

Almeida (2002) diz também que os componentes inorgânicos ou minerais constituem a parte principal da fração sólida da grande maioria dos solos, e incluem fragmentos ou partículas de formas e dimensões variáveis, desde pedras e cascalho até materiais tão finos que apresentam propriedades coloidais. A matéria orgânica do solo é constituída por restos de plantas e animais em estado mais ou menos avançado de alteração (devido principalmente à atividade de microorganismos). A água e o ar do solo ocupam os espaços intersticiais existentes entre as partículas terrosas e entre os agregados das partículas.

A partir de um corte vertical no solo (Figura 8), observa-se que a proporção dos componentes varia de acordo com a profundidade. Distingue-se uma série de camadas ou porções de solo denominada horizontes que variam em cor, textura e estrutura. O conjunto de horizontes observados num corte vertical constitui o perfil do solo.

O horizonte A é a camada mineral mais próximo da superfície e tem conteúdo relativamente alto de matéria orgânica mais ou menos humificada. As partículas orgânicas conferem a este horizonte uma cor tão ou mais escura que os horizontes inferiores. O horizonte B é definido como aquele que apresenta máximo desenvolvimento de cor, estrutura e possui materiais translocados do horizonte A. O horizonte C é uma zona de transição com características mais próximas à da rocha do qual o solo se originou, podendo conservar parte das estruturas geológicas da rocha.

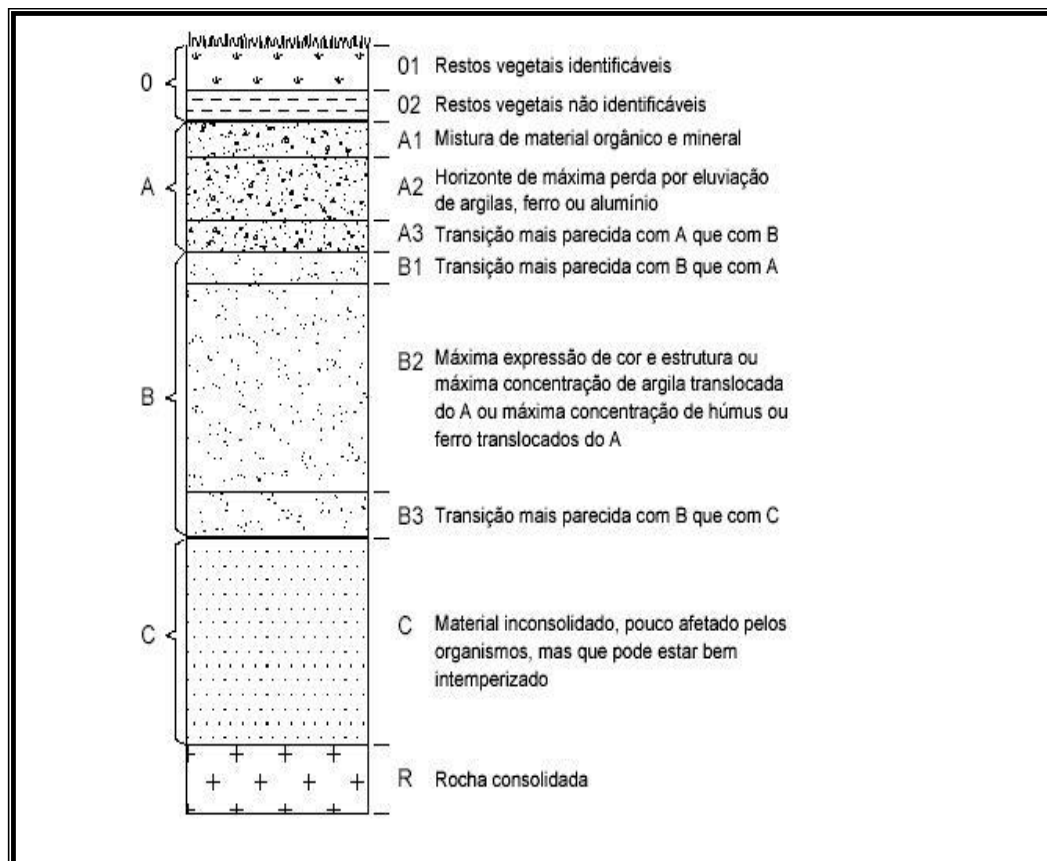


Figura 8 - Perfil hipotético do solo.  
Fonte: adaptado de Lepsch, 1976.

O conceito de solo é importante nas atividades de extração e de reposição nas áreas que vão ser recuperadas. O conceito de substrato é importante para diferenciar este material do solo propriamente dito. Em geral, estão incluídos no grupo de substratos os rejeitos, os estéreis, os horizontes intermediários que não contém minério, etc.

### 3.8.1 Retirada do solo orgânico e decapeamento

O início das atividades de extração de areia deve se dar com a raspagem da camada superficial do solo orgânico, material este que pode vir acompanhado da vegetação rasteira ali existente. Para este trabalho, é denominado como solo orgânico a camada mais escura contida entre os primeiros 25 a 35 cm de profundidade, zona de maior concentração das raízes e maior atividade microbiana.

Segundo Almeida (2002), a remoção do solo orgânico começa com a retirada da vegetação e deve-se tentar preservar qualquer material que no futuro possa servir como agente de propagação das plantas e da fauna. Na seqüência, é necessário verificar-se qual horizonte ou horizontes vão ser retirados. Em minerações de areia, na maioria das vezes

os solos são aluviais, pouco desenvolvidos, e apresentam apenas o horizonte A sobre camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si. Estes solos são relativamente profundos, com drenagem moderada e textura muito variável. Uma maneira muito eficiente de identificação da camada orgânica do solo que deve ser retirada é a cor. Cores mais escuras indicam alto conteúdo de matéria orgânica e maior atividade biológica, e em solos aluviais, a camada orgânica está bem definida no solo. A Figura 9 demonstra um perfil de solo onde se pode distinguir a camada orgânica e a argilosa.

O decapeamento consiste na remoção da camada de material que recobre o depósito de areia e normalmente corresponde ao solo argiloso. Este material pode ter vários destinos, tal como aterros de recomposição topográfica, transportadas para locais destinados à disposição do estéril, composição de barragens de contenção das bacias de decantação dos finos obtidos como rejeito no processo de beneficiamento, ou ainda doação ou comercialização para aplicação em obras civis de terceiros como prefeituras, construtoras etc. Uma boa medida é usar este material como base de preenchimento anterior à aplicação de solo orgânico, favorecendo, deste modo, processos como infiltração e capacidade de retenção de água, e facilitando, também, o desenvolvimento de raízes e plantas (OTANI, 2007).



Figura 9 – Perfil do solo onde se distingue a camada orgânica e a argilosa.

Fonte: Almeida (2002).

O solo decapeado deve ficar estocado em mistura com a massa vegetal, entrando em decomposição e incorporando matéria orgânica no mesmo, servindo assim no futuro

para ser utilizado na recuperação da área. Este solo deve ser estocado de modo que o mesmo encontre-se protegido da ação de águas pluviais e do sol.

O material retirado proveniente do decapeamento deve ser armazenado temporariamente nas bordas das cavas em leiras com 1,5 m de altura máxima ou em pilhas individuais de 5 a 8 m<sup>3</sup>, utilizando-se uma cobertura de gramíneas e/ou leguminosas, melhorando suas propriedades físico-químicas e dando maior proteção contra o impacto das águas das chuvas, pois devem ser utilizados para a recuperação da área ao final da extração. O objetivo desta estocagem é criar uma situação tal, que o solo mantenha a atividade microbiana e conserve, na medida do possível, arejado e úmido. Este material pode ser utilizado nas operações de reafeiçoamento dos taludes da margem da cava, no recobrimento das áreas pós-lavradas e na preparação do solo para o plantio de gramíneas. Parte deste solo superficial removido pode ser continuamente empregado nos aterros, não existindo necessidade de armazenamento. Após o decapeamento, os processos de lavra devem ter início.

### **3.9 Recuperação da área após a lavra**

Segundo Almeida (2002), as atividades de recuperação de uma mineração devem começar com a realização de um levantamento dos solos do entorno e do local com o propósito de determinar as características primitivas, sua capacidade de uso, e o tipo de vegetação existente. Esta iniciativa constitui um histórico para servir como referência para o resultado que se deseja obter na etapa de recuperação. Deve-se coletar amostras para análise das propriedades dos solos, antes e depois das atividades de mineração, de forma a construir um padrão de comparação. Como este procedimento envolve custos, faz-se necessário ter bem claro qual é o objetivo da recuperação. O manejo para recuperação de um solo destinado a pastagem é diferente do manejo para um plantio com fins comerciais ou, ainda, para a reabilitação de uma mata nativa. Esta avaliação, somada à determinação das características do solo, determina como conduzir as etapas seguintes de recuperação.

#### **3.9.1 A revegetação na mineração**

A degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções e componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da a qualidade ambiental (Sanches, 2000). Muitos tipos de atividades podem ser geradores de

degradação ambiental. Entre eles encontra-se a mineração, particularmente na situação em que o processo de degradação envolve erosão, assoreamento ou escorregamentos. A camada fértil do solo pode ser removida e estocada para posterior reutilização, embora sua fertilidade seja diminuída neste processo. Com relação a qualidade e ao regime de vazão do sistema hídrico, estes também soa normalmente alterados e comprometidos pelas operações de lavra e beneficiamento.

Quanto a degradação do solo, Sánchez (2000) aponta três aspectos relevantes. Do ponto de vista físico, a degradação pode-se dar por perda de material que constitui o solo, por perda de material alóctone ou por alteração da sua estrutura. A degradação biológica ocorre quando as condições para a manutenção de vida no solo não são satisfatórias para os organismos vivos visíveis e não visíveis a olho nu. A degradação química ocorre quando há presença de substancias químicas que podem ser danosas a biota.

A norma NBR 10703 (ABNT,1989) se refere a degradação do solo como a “alteração adversa das características de solo em relação aos seu diversos usos possíveis, tanto os estabelecimentos em planejamento quanto aqueles considerados potenciais”. De modo geral, um ambiente degradado fica comprometido na sua capacidade de regeneração e impossibilitando de exercer funções satisfatórias enquanto não alterar essas condições. Faz-se necessário então, modificar os fatores que levaram a essa condição, sendo este preceito básico da recuperação do ambiente considerado.

#### 3.9.1.1 Procedimentos de recuperação

Segundo Griffith (1995), a prática de recuperação ambiental passa pela implementação de uma série de medidas, que levam a soluções específicas para cada situação resultante da atividade mineradora, e deve ser norteadas por quatro princípios. O primeiro refere-se à visualização ideal da recuperação como meta, a qual evita que se adotem meias medidas ou medidas que a princípio parecem econômicas, mas que a longo prazo se mostram dispendiosas por serem ineficazes. O segundo princípio aponta que as práticas ideais de recuperação requerem sinergia humana, ou seja, um esforço grupal, interdisciplinar. O terceiro princípio indica que, colocar em prática soluções ideais requer o planejamento de mudanças sistemáticas, ou seja, seguir uma seqüência lógica de planejamento. A equipe ambiental necessita entender os princípios básicos de recuperação e pesquisar as melhores técnicas disponíveis neste campo, assim como resumir as práticas já em uso pelos empreendimentos minerários. A partir daí,

comparando-se a situação real com os conceitos e modelos ideais, a equipe estabelece um plano operacional para a redefinição do programa de recuperação. O quarto princípio aponta que a prática leva à percepção. Uma vez em execução o plano de recuperação, a equipe ambiental deve avaliar e aperfeiçoar as práticas escolhidas. É preciso reavaliar sistematicamente, e lançar um olhar crítico sobre o que está sendo feito, de forma a minimizar o risco de ocorrência de falhas ou mesmo fracasso do programa colocado em prática. Caso isto venha a acontecer, faz-se necessária uma análise criteriosa dos aspectos operacionais e dos aspectos humanos envolvidos, revisando-se a experiência como um todo.

Um programa de recuperação pode ser planejado segundo diferentes conceitos e com etapas distintas, mas sempre deve haver uma fase de avaliação das condições atuais da área degradada, tal como manifestam Rodrigues e Gandolfi (2000). A avaliação é uma das principais fases dentro de um programa, pois somente a partir de um profundo conhecimento dos fatores de degradação e das características da área degradada propriamente dita, é que podem ser identificadas as dificuldades e definidas as estratégias a serem empregadas para a recuperação da área. O conjunto das informações recolhidas nesta fase deve ser suficiente para avaliar se os objetivos pretendidos com a recuperação, podem ser alcançados em todas as situações, permitindo a escolha do tipo de recuperação pretendida para cada situação de degradação da área em questão.

Apesar de muitos aspectos variarem conforme a área, existe uma seqüência lógica, comum para o planejamento da maioria das ações de recuperação. Sánchez (2000) afirma que o planejamento e o estabelecimento do objetivo final são os aspectos que norteiam as ações de recuperação. O autor aponta que um projeto de recuperação envolve normalmente os seguintes elementos:

- definição dos objetivos de recuperação e do(s) uso(s) futuro(s) possíveis ou desejáveis da área;
- uma reconstituição do histórico de degradação da área, incluindo, se possível, informações sobre a degradação já havida antes da instalação da mina;
- diagnóstico ambiental das áreas degradadas e do seu entorno;
- estudo de alternativas de recuperação, de acordo com as alternativas de lavra;
- descrição das técnicas e procedimentos a serem empregados nos trabalhos de recuperação;
- cronograma desses trabalhos;

- discussão sobre as lacunas de conhecimento ou de informação (sobre diagnóstico ambiental, sobre a viabilidade das técnicas de recuperação, etc.); e
- plano de monitoramento ambiental.

De maneira geral, um plano de recuperação tem que considerar basicamente um planejamento prévio, a mitigação dos impactos causados, e o uso futuro da área. As atividades de recuperação devem ser concomitantes à lavra (Figura 10), evitando possíveis perdas de solo e aproveitando qualquer material genético coletado na retirada de vegetação.

Pode-se sugerir que, a seqüência básica de um plano de recuperação, envolvendo revegetação, para uma área degradada pela lavra de areia, contenha os seguintes elementos:

- planejamento;
- objetivos da recuperação;
- decapeamento e armazenagem do solo orgânico;
- práticas de caráter hídrico;
- práticas de caráter topográfico;
- reposição de solo orgânico;
- preparo do local para o plantio;
- práticas de caráter vegetativo e;
- plano de manutenção e monitoramento ambiental.

Nos últimos quinze anos, o acúmulo de formações naturais, tem conduzido a uma significativa mudança na orientação dos programas de recuperação. Tais programas deixaram de ser mera aplicação de práticas agrônômicas ou siveiculturais de plantio de espécies perenes, objetivando apenas a re-introdução de espécies arbóreas numa dada área, para assumir a difícil tarefa da reconstrução das complexas interações com a comunidade, respeitando suas características intrínsecas, e de maneira a garantir a penetração e a evolução da comunidade no espaço e tempo (RODRIGUES & GANDOLFI, 2000). A restituição das funções de uma área revegetada torna-se tão importante quanto sua reintegração na paisagem (Figura 11).



Figura 10 – Área recuperada após a lavra.  
Fonte: Bauermeister, 2007.



Figura 11 – Área recuperada durante o processo de lavra.  
Fonte: Bauermeister, 2008

## 4 DISCUSSÃO

Para o estudo deste trabalho foi enfocada a região do Vale do Paraíba, por ser uma das maiores fornecedoras de areia para a região metropolitana de São Paulo.

A região situa-se dentro do Planalto Atlântico que apresenta-se subdividido em três níveis, os planaltos e suas encostas (serras), os "mares de morros" cristalinos a as planícies sedimentares, onde se situa o empreendimento.

Na extremidade sudoeste da bacia até Jacareí as colinas mais elevadas se assemelham as elevações do cristalino próximo. De São José dos Campos a Pindamonhangaba, as colinas são mais extensas e suaves, com os altos representando possivelmente o nível superior da sedimentação. De Pindamonhangaba a Cruzeiro, as colinas são muito suavizadas, possuindo aspecto de terraço.

A bacia é emoldurada pelos morros cristalinos, que representam um relevo de transição para as serras e planaltos. As elevações têm perfis suavizados a altitudes em tomo de 700m localmente alcançando 1.000m.

As várzeas do Paraíba do Sul são localmente bordejadas por terraços fluviais situados de 2 a 8 m acima do nível da planície de inundação sustentados por cascalhos a areias. Abriga o leito e meandros abandonados alagadiços ou secos (drenados), onde são extraídas grandes quantidades de areia.

Com a atividade de mineração de areia na região estudada, tem-se, dentre alguns dos inúmeros impactos ditos positivos, exemplificativamente, geração de renda, emprego, fornecimento de insumos para a indústria de construção civil ou mesmo para a indústria de um modo geral, o aproveitamento racional de recursos minerais, a geração de impostos, a contribuição para um processo de desenvolvimento econômico regional, etc. Como alguns dos principais impactos negativos, tem-se a questão do desmatamento, da poluição dos recursos hídricos, a produção de materiais inertes de difícil descarte, a modificação da paisagem, os efeitos sobre a fauna, dentre outros.

Para as atividades realizadas pelo método de escavação, visando não somente a otimização das jazidas, bem como a melhoria da área pós-minerada, deve ser não somente permitida como incentivada a união de cavas. Neste sentido, em relação às cavas secas, resulta-se uma melhor configuração das áreas, tornando-as mais planas e aptas à outros fins, além de serem eliminados taludes íngremes. Em relação às cavas submersas, melhoraria a circulação d'água, criando ambientes mais saudáveis, não somente para a biota local, como também para fins antrópicos.

Quanto à atividade de desmonte hidráulico considera-se que os principais problemas estão relacionados as bacias de decantação, frequentemente rompidas ou transpostas pelas águas em épocas chuvosas e aos altos taludes íngremes abandonados. Dever-se obrigar que, sob pena de interdição das atividades até a resolução destas questões, mantivessem um desnível mínimo de 0,7 m entre a crista do dique, em seu ponto mais baixo, e o nível da água/lama respectivo, desde que o dique não colete diretamente as águas de chuva da bacia hidrográfica de montante, o que é inaceitável em qualquer hipótese. A crista do dique não deve ter em nenhum ponto menos de 3,0 metros de largura. Os taludes dos diques devem se apresentar estáveis, sem sinais de instabilidade ou trincas profundas ou dilatadas. Em relação aos taludes das cavas, deve ser mantida uma declividade máxima de 45° e uma distância mínima de 10 metros de qualquer objeto que se pretenda preservar, aumentando esta em casos particulares.

Para as áreas de preservação de mananciais, devem ser proibidas ou severamente controladas as atividades de desmonte hidráulico em área de mananciais, por ser a atividade incompatível com o uso a que se destina. Os impactos por ela causados não se devem tanto aos problemas de poluição, perfeitamente controláveis, mas pelo fato desta atividade remover as camadas de subsuperfície permeáveis, que contém os depósitos de areia, eliminando com isto os aquíferos, que devem ser protegidos nas áreas de mananciais. Somente deve ser permitida a lavra nas imediações de áreas já lavradas, após um levantamento hidrogeológico detalhado, que demonstre a possibilidade de manutenção das funções da área lavrada em relação à circulação e o armazenamento de água superficial e subterrânea.

Para as atividades de extração em leito de rio deve ser permitida uma vez comprovada a existência de minério em volume compatível, através de seções de varejão que indiquem, além da configuração do leito do rio, as camadas de sedimentos a serem dragadas. Deve igualmente ser obrigatória a comprovação, através de laudos

hidrodinâmicos, da necessidade da dragagem em função de evidências irrefutáveis de processos de assoreamento ou erosão, particularmente em determinados rios, como o rio Paraíba, onde houve excesso deste tipo de atividade e de dragagem das margens.

Quanto ao desmatamento em áreas recobertas por mata em estágio inicial de desenvolvimento, ou em outros estágios, mas com baixa diversidade de espécies, pouco significativas em termos de preservação da biota, situam-se sobre importantes jazidas de areia. Uma vez comprovada a potencialidade destas jazidas, com apresentação de dados de investigações de subsuperfície, e a viabilidade e relevância da jazida, deve ser permitido o corte da mata, nas seguintes condições: o minerador deve inicialmente realizar um levantamento fitossociológico da mata a ser cortada, e com o aval do DEPRN, propor outra área de igual dimensão a ser reflorestada com espécies nativas, para efeito de compensação. Após transcorridos dois anos, ou mais dependendo do caso, e comprovada a manutenção natural da mata implantada, através de vistoria do DEPRN, é então autorizado o corte da mata pretendida. Com isto são garantidas a preservação dos recursos naturais, e o aproveitamento de recursos disponíveis. Infelizmente a SMA vem adotando postura inversa e retrógrada, proibindo no Vale do Paraíba qualquer tipo de corte de vegetação pelos portos de areia. Para outras atividades o corte continua liberado segundo as normas florestais.

## 5 CONCLUSÃO

Como se pode perceber, todos são grandes consumidores de minerais, principalmente de brita e areia. Portanto, indiretamente, todos são responsáveis pela exploração mineral, e evidentemente, por suas conseqüências ambientais. Na prática, ainda são raras as experiências de construção civil que dispensam o uso da areia, e a sociedade se vê encurralada a continuar usando esse mineral e danificando o meio ambiente. Por esse motivo, não deve-se acrescentar a tendência da maior parte da imprensa, que somente condena a atividade dos portos de areia. É importante frisar que a polêmica do tema se prende à necessidade do desenvolvimento socioeconômico e, ao mesmo tempo, à preservação ambiental.

Este trabalho ao apresentar os métodos de extração de areia, busca a sustentabilidade da área afetada, uma vez que toda a atividade mineraria gera impactos no ambiente, não sendo diferente, portanto, nos métodos apresentado. O importante é buscar técnicas para que esses impactos sejam minimizados, que medidas mitigadoras sejam seguidas e que seja estabelecida diretrizes para a recuperação e atingidas metas, de acordo com a função futura desejada para a área minerada.

As diferentes recomendações apresentadas neste trabalho podem servir como referência para aplicação geral, levando-se sempre em consideração a necessidade de observação das particularidades inerentes a cada mineração. Há que se refletir sobre aspectos deficientes que precisam ser melhorados, avanços observados, e possibilidades de estudos que possam contribuir na melhoria das deficiências atuais. É importante que o empreendimento apresente uma postura pró-ativa quanto a recuperação das áreas mineradas, buscando aprimorar seus procedimentos.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. O. P. O. **Revegetação de áreas mineradas**: estudo dos procedimentos aplicados em minerações de areia. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

AMBIENTE BRASIL. Rede de informações do meio ambiente. 2007. Disponível em: <[www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)>. Acesso em: 14/02/2009

BAUERMEISTER, K. H. Relatório e plano de controle ambiental. Taubaté, São Paulo, 2006.

BEM, J. A. O Direito, A mineração e meio ambiente no mercosul. UFSC Florianópolis – CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. Florianópolis, 2004.

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. Universidade de São Paulo – Escola Politécnica. São Paulo, 1997.

BRANDT, W. Avaliação de Cenários em Planos de Fechamento de Minas. In: Dias. L. E.; MELLO, J. W. V (Eds). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa-MG: UFV/DPS Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 131-134.

CARUSO, L. G. (Coord.)- Catálogo das rochas ornamentais do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT. 1990. 122p. (IPT -Publicação, 1820).

CARUSO, L. G., SBRIGHI NETO, C.,1983, Panorama básico para avaliação do desempenho de areia em construção civil. Comunicação Técnica IPT. 1983

CUCHIERATO, G. **Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da RMS**, visando seu aproveitamento econômico. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. Extração de areia. Taubaté. Disponível em: < [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br). Acesso em 15/02/2009

FARIAS, C.E.G. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. Relatório preparado para o Centro de Gestão e Estudos estratégicos. CGEE. 2002

FRANCHI, J. G. **Aplicação de turfa na recuperação de solos degradados pela mineração de areia**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000

FRAZÃO, E. B. **Programa de capacitação de gestores de empresas mineradoras de agregados para a construção civil**. CETEC. Manaus – AM, 2000.

GOOGLE EARTH 2009. Disponível em: <<http://earth.google.com>>. Acesso em: 15/02/2009

GRIFFITH, J. J. ; JUCKSCH, I. ; DIAS, L. E. . **Roteiro metodológico para zoneamento de áreas de proteção ambiental**. 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 15/02/2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS S. A. **Minerais industriais: - orientação para regularização e implantação de empreendimentos**. São Paulo. p. 23-27. 2005.

LEPSCH, Igo F. **Solos: formação e conservação**. 2. ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1976.

MANUAL DE GEOTECNIA. **Taludes de rodovias: – orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas**. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. São Paulo, 1991.

NETTO, C. A.; CIOLA, F. B. **Sem areia, o Brasil pára?** Trabalho de Conclusão de curso. Universidade de Taubaté. Taubaté, 1999.

NIEBLE, C. M.; GUIDICINI, G. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. Ed. Edgard Blucher Ltda. 1984.

OTANI, J. L. 2007. **Descrição do processo de mineração por desmonte hidráulico e recuperação dos taludes e vegetação, no município de Elias Fausto – SP**. Trabalho de conclusão. Universidade de Taubaté. São Paulo

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de engenharia**. São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1998.

POPP, J. H. Mineração e proteção ambiental: o único caminho possível. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Curitiba. **Anais**: UFPR/FUPEF, 1992. p. 467-470.

RODRIGUES R. ; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUE, R. E.; LEITÃO FILHO, H (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP – FAPESP, 2000. p.235-247

SÁNCHEZ, L. E. **Recuperação de áreas degradadas na mineração**. São Paulo: EPUSP, 2000.

SBRIGHI NETO, C.; TANGO, C. E. S. **Anais**. Colóquio sobre Agregados para Concretos, Instituto Brasileiro do Concreto, Desempenho de agregados para concreto: metodologia de avaliação e exemplo prático. 1979.

SILVA, R. 2000. **A importância dos condicionantes geológicos-técnicos na RAD por lavra de minas a céu aberto**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. São Paulo

SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br>>. Acesso em: 15/02/2009.

WILLIAMS, D. **A revegetação de áreas degradadas pela mineração**. Minérios: Extração e Processamentos, São Paulo, 1991.