

ESCOLA POLITECNICA DA USP

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE  
MINAS

DISCIPLINA PMI - 500 TRABALHO DE  
FORMATURA

Profs. - Wildor T. Hennies

Prof. Orientador - Lindolfo Soares

LAVRA DE AREIA POR DESMONTE  
HIDRAULICO

*ernandes*  
ALUNO : - LUIS FERNANDO F. PEREIRA

1992

(aluno no 940851)

TF-1792

P414L

Sysno 1463084

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE  
MINAS

DISCIPLINA PM-500 - TRABALHO DE  
FORMATURA

Prof. Orientador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - T. Henrique

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

Prof. Avaliador - L. Roberto Soares

M 1992 F

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005456

## SLAVRA DE AREIA POR DESMONTE HIDRÁULICO

### 1-INTRODUÇÃO

As areias são bens minerais constituídos predominantemente, de quartzo e originados a partir da alteração de rochas ricas nesse mineral. Na sua definição mais corrente, é um material natural de dimensões entre 2,0 e 0,075 milímetros. Suas principais propriedades são a granulometria, o formato dos grãos, a composição mineralógica e a pureza.

Nava ( 1986 ) define areia em função da sua origem, constituição, tamanho e forma dos grãos. Segundo esse autor, areia é uma massa mineral inconsolidada com alto teor de sílica (  $\text{SiO}_2$  ), constituída geralmente de quartzo, cujas formas e texturas podem variar amplamente e que se encaixam numa faixa granulométrica entre 2,0 e 0,062 mm.

Embora existam normas da ABNT referentes à areia, na prática, essas especificações e padronizações não são observadas rigidamente. No mercado a areia é dividida como mostrado na tabela abaixo;



## CLASSES

## VARIAÇÃO GRANULOMÉTRICA

( mm )

Areia grossa	2,00 - 1,200
Areia média	1,20 - 0,420
Areia fina	0,42 - 0,075

A areia utilizada pela construção civil nos centros urbanos tem, na composição de seu preço, um custo de transporte bastante significativo. As principais causas disso são a exaustão das jazidas mais próximas e o baixo custo da areia, na saída da mina, em relação a seu volume.

Os principais métodos de lavra de areia são de leito de rio e desmonte( geralmente hidráulico ) de rochas em adiantado intemperismo. Essas rochas são chamadas geradoras e, no caso da areia, podem ser arenitos, quartzitos ou outras com alto teor de quartzo.

O objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade técnica e econômica da exploração de um depósito de areia do tipo residual, ou de cava seca. Serão analisadas as características da jazida, o método de lavra e beneficiamento, o impacto ambiental e os aspectos econômicos.

## 2-CARACTERÍSTICAS DA JAZIDA

A formação de um depósito de areia está ligada à um conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que desencadeiam a desintegração das rochas, que é chamado intemperismo. A esse intemperismo podem ainda estar ligados processos naturais de transporte e concentração.

No estado de São Paulo os grandes depósitos de areia explotados para emprego na construção civil situam-se em cinco contextos geológicos distintos: leito de rios; planícies fluviais; formações geológicas e/ou coberturas indiferenciadas; praias e manto de intemperismo de rochas cristalinas.

Pode-se dizer, genericamente, que os quatro primeiros contextos geológicos são mais comuns nas áreas de bacia sedimentares, enquanto que o último é típico de áreas onde aflora o Embasamento Cristalino. Este último, também, é o que ocorre na grande São Paulo, diferenciando-se dos demais no método de lavra empregado. A lavra de depósitos de bacia sedimentares se dá, freqüentemente, por dragagem e a lavra de praias e manto de intemperismo é feita mecanicamente.

O tipo de depósito de interesse para este trabalho é o de praias e manto de intemperismo, onde há pouco, ou nenhum transporte natural. Por este motivo os grãos resultantes não apresentam o arredondamento característico da areia de rio, e sim, superfícies angulares. São originados da alteração "in situ" de rochas graníticas, migmatíticas e quartzíticas de idade pré-cambriana ( 4.030 - 570 Ma ).

Os depósitos de areia resultantes da alteração de rochas do Embasamento Cristalino são considerados jazidas quando for possível explorá-los economicamente. Os fatores necessários para isto é que o seu conteúdo( quantidade e qualidade ) compense a implantação da mina e a demanda esteja a uma distância tal, que os gastos em transportes não inviabilizem o preço de venda.

O intemperismo atua não uniformemente, o que leva a existência de matacões, que são blocos de rocha não alterada. Estes blocos dificultam o aproveitamento da areia, uma vez que comprometem a eficiência do método de lavra. Portanto na avaliação de um depósito deve se tomar especial cuidado na verificação da presença desses blocos.



## 2-LAVRA E CLASSIFICAÇÃO

A lavra de leito de rios é a mais comum. Este método consiste na dragagem dos sedimentos ativos existentes nos leitos de rios em profundidades não muito elevadas. A dragagem é feita através de bombas de sucção instaladas sobre barcas ou flutuadores. As bombas de sucção são acopladas às tubulações que efetuam o transporte de areia, ainda misturada à água ( polpa ). No caso da distância entre a área dragada e os silos ser grande, o transporte pode ser auxiliado por barcas.

Este método apresenta melhores rendimentos, uma vez que o movimento da água carrega as frações mais finas ( siltes e argilas ), deixando a areia praticamente separada a uma determinada profundidade, de onde é extraída. Esta facilidade fez com que, nas proximidades de São Paulo, estes depósitos estejam praticamente esgotados.

Além disso a crescente consciência de que o meio ambiente deve ser preservado trouxe novas leis ambientais e uma maior fiscalização neste tipo de atividade. O movimento da draga no leito do rio aumenta muito a quantidade de sólidos em suspensão na água, fazendo com que este método de lavra seja usado com algumas restrições, como desvio do leito do rio ou construção de represas paralelas ao rio, onde a draga opere sem afetar tanto a qualidade da água.

O desmonte em cava seca, como também é conhecido o outro método, também apresenta impacto ambiental, porém a sua reparação é mais simples como será visto.

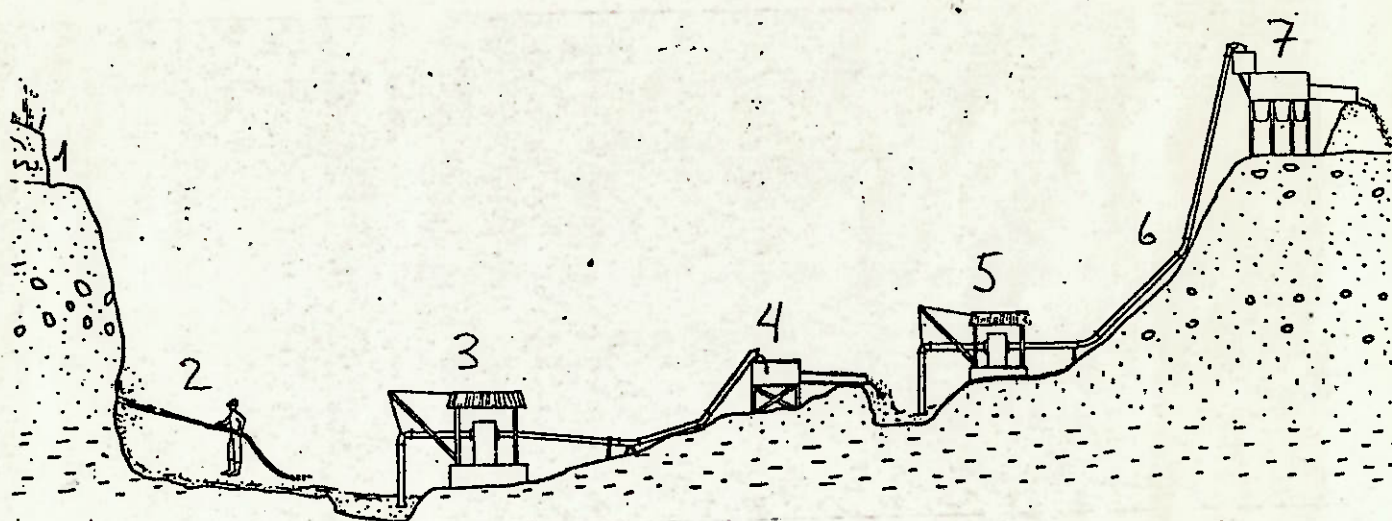
O minério em questão, por estar inconsolidado, é facilmente desmontado, sendo o desmonte hidráulico o método mais usado. Nele são empregados monitores hidráulicos que lançam jatos de água a altas pressões. Estes jatos são direcionados para a base do bloco a ser desmontado que cai por gravidade ao perder a sustentação. Uma bomba de cascalho é colocada para receber o material desmontado, que já se encontra misturado à água formando uma polpa. A bomba deve ser colocada num local aonde todo o fluxo da polpa escoe por gravidade até ele.

O beneficiamento deste minério se constitui apenas em fazer a sua classificação granulométrica. Devido à presença de frações muito finas (  $< 0,001$  mm ) associadas a areia, a classificação mais eficiente é a sedimentação fracionada. Neste método as partículas mais grossas se depositam primeiro por serem mais pesadas, enquanto as mais finas são rejeitadas juntamente com o excesso de água.

Para analisar tais operações foram realizadas pesquisas em uma mina em operação. A mina escolhida está localizada no município de São Paulo na região de Parelheiros a cerca de 50 Km do centro, sendo de propriedade da Mineração Viterbo Machado Luz Ltda. Esta mina constitui um bom exemplo das atividades envolvidas na mineração de areia.



A seguir é mostrado um fluxograma da mina detalhando as operações envolvidas:



1- Decapagem mecânica da camada fértil, que é armazenada para recuperação posterior da área;

2- Desmonte hidráulico;

3- Bomba de cascalho;

4- Primeiro estágio de classificação. Este estágio se constitui de uma sequência de três caixas de sedimentação. A primeira caixa apresenta maiores dimensões e produz areia grossa( que sedimenta mais rapidamente ). As duas caixas seguintes recebem o rejeito da primeira apresentando um produto mais fino. A descarga do produto das caixas é feita por um registro na parte inferior. A partir daí o material escoar por gravidade com auxílio de aspersores de água até uma segunda bomba de cascalho. O rejeito é liberado por canaletas e vai para a barragem de rejeitos.

5- Bomba de cascalho;

6- Tubulação;

7- Segundo estágio de classificação. Constitui-se de 7 caixas de sedimentação em paralelo.

O material rejeitado nos estágios de classificação, constituído de água e partículas finas em suspensão, é encaminhado para a barragem de rejeito. Ali se dá a sedimentação dos finos e a água é reaproveitada, fechando o ciclo.

Para avaliar tais operações foram feitas amostragens da alimentação, concentrado e rejeito das etapas de classificação, além do material "in situ". Com essas amostras foi feita a classificação granulométrica em série de peneiras para verificar a eficiência da sedimentação. Os resultados obtidos estão mostrados na tabela abaixo:

#### MATERIAL "IN SITU"

MALHA	(mm)	MASSA(g)	(%)
#14	1,190	351,500	34,720
#28	0,590	150,800	14,900
#35	0,420	76,900	7,600
#48	0,297	68,800	6,800
#65	0,210	64,600	6,380
#100	0,149	104,700	10,340
#150	0,105	30,600	3,020
#200	0,074	142,400	14,070
-200	-0,074	22,100	2,180
		1012,400	100,000

#### PRODUTO1

MALHA	(mm)	MASSA(g)	(%)
#14	1,190	65,520	6,110
#28	0,590	234,100	21,820
#35	0,420	211,700	19,730
#48	0,297	176,000	16,410
#65	0,210	119,300	11,120
#100	0,149	174,100	16,230
#150	0,105	20,800	1,940
#200	0,074	48,100	4,480
-200	-0,074	23,100	2,150
		1072,720	100,000

#### REJEITO

(%)

MALHA	(mm)	MASSA(g)	(%)
#14	1,190	0,000	0,000
#28	0,590	15,300	1,290
#35	0,420	75,200	6,350
#48	0,297	172,600	14,570
#65	0,210	186,300	15,730
#100	0,149	413,900	34,940
#150	0,105	58,100	4,900
#200	0,074	255,600	21,580
-200	-0,074	7,600	0,640
		1184,600	

#### PRODUTO2

MALHA	(mm)	MASSA(g)	(%)
#14	1,190	203,440	18,570
#28	0,590	236,900	21,630
#35	0,420	164,840	15,050
#48	0,297	152,900	13,960
#65	0,210	101,300	9,250
#100	0,149	146,290	13,360
#150	0,105	30,950	2,830
#200	0,074	52,510	4,790
-200	-0,074	6,250	0,570
		1095,380	100,000



O produto1 é o afundado do primeiro estágio de classificação e o produto2 é o produto final. O rejeito foi amostrado na saída do primeiro estágio de classificação. Podemos observar que há grande porcentagem de areia sendo rejeitada. Uma forma de diminuir esta perda é aumentar o tempo de residência da polpa nas caixas secundárias do primeiro estágio. Para isso é necessário aumentar o volume, construindo mais caixas.

#### 4-IMPACTO AMBIENTAL

O processo de extração de areia é um processo simples e já consolidado por décadas, sem apresentar mudanças significativas. Isso faz com que os empresários do setor dêem pouca ou nenhuma atenção ao planejamento das etapas de extração.

Essa ausência de planejamento, aliada à simplificação do processo para redução dos custos de extração, coloca sérios obstáculos ao aproveitamento racional das jazidas e acarreta, paralelamente, intensa devastação local, emprestando a área minerada um aspecto bastante desolador.

Embora a intensificação da ação fiscalizadora da CETESB nos últimos anos tenha forçado os mineradores a melhorarem o arranjo físico de seus empreendimentos, não se verifica, em sua maioria, uma preocupação efetiva com o planejamento das operações de lavra, principalmente no que se refere aos possíveis danos ambientais que possam causar, como: alteração da drenagem natural e do nível de base de rios e córregos; poluição das águas ( material fino em suspensão ); assoreamento de vales e cursos d'água; desbarrancamento das encostas etc.

As principais medidas que devem ser tomadas para reduzir o impacto ambiental na lavra de areia por desmonte hidráulico são as seguintes:

Construção de barragem de rejeito que comporte todo o material flutuado nas etapas de classificação. O grande volume de finos gerados pode ser um problema, podendo superar a capacidade da barragem. Na mineração Viterbo, a solução encontrada foi a realização de aterro hidráulico, com a barragem sendo dividida em dois estágios. No primeiro estágio há uma sedimentação intensa, sendo aterrada aos poucos.

A preocupação com a manutenção da drenagem também é muito importante. A água das chuvas deve escoar para os córregos locais sem ser contaminada pela descarga de rejeitos. Para isso são construídas canaletas que garantam este escoamento.

Outro aspecto importante é a recuperação da cava, fazendo a manutenção dos taludes. A cobertura de solo fértil retirada no início da lavra ( capeamento ) deverá ser recolocada e feita uma revegetação, que garantirá a estabilidade dos taludes.

#### 5-ANÁLISE ECONÔMICA

O setor mineral produtor de areia para construção civil é constituído por uma grande quantidade de unidades produtivas, denominadas portos de areia, distribuídas por todas as regiões administrativas do Estado de São Paulo. Grande parte desses portos são clandestinos, o que dificulta uma análise do mercado de areia. Esse mercado não apresenta um dinamismo próprio por estar ligado diretamente ao desempenho da construção civil. A demanda por este bem mineral é relativamente inelástica e varia em função da renda e da taxa de crescimento da população e é também altamente dependente das políticas voltadas para a construção de obras públicas.

Como foi dito na introdução deste trabalho o preço da areia sofre grande influência do custo de transporte agregado. Por isso é sempre interessante a exploração da areia próximo aos centros consumidores desse bem. A areia explorada na região metropolitana de São Paulo apresenta um custo de produção, cerca de, 60 a 80 % superior ao custo da



areia produzida na região do Vale do Paraíba ( estimativa colhida junto a empresários do setor ), porém os custos de transportes compensam essa diferença, deixando a areia produzida próxima a capital competitiva no mercado.

Segundo pesquisa realizada pelo IPT em 1988, a produção de areia na região administrativa de São Paulo diminuiu na década de oitenta ficando em 1988 com apenas 22,1 % da produção do estado ( tabela anexa ). Esta participação é pequena quando comparada ao consumo de areia nesta região.

#### 6-CONCLUSÕES

O aproveitamento de areia por desmonte hidráulico é perfeitamente viável, principalmente se for feito com um planejamento adequado. Além disso deve ser feito um controle das operações envolvidas, analisando os resultados, tendo em vista um aprimoramento constante do processo. Isso pode ser feito através da criação de um setor de pesquisa, que estaria sempre implementando inovações e soluções nas etapas do processo.

7-ANEXOS

TABELA

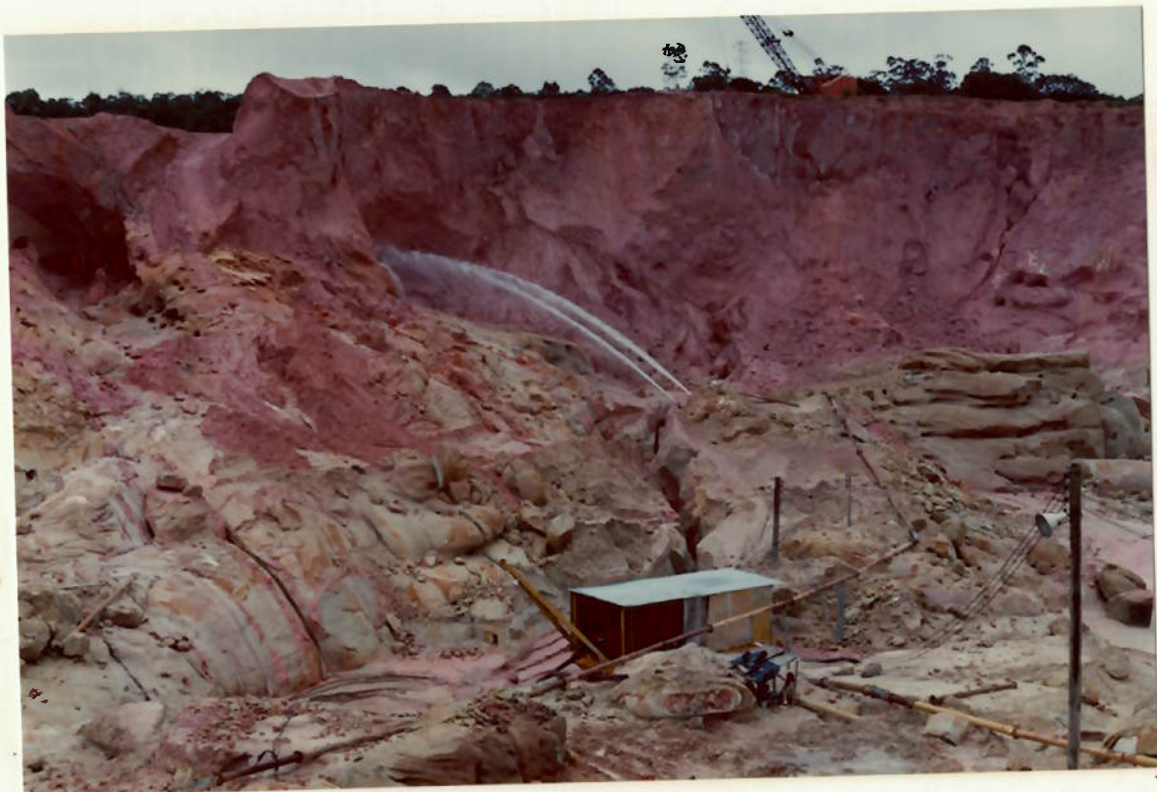
Região administrativa	1985		1986		1987		1988	
	(m³)	(%)	(m³)	(%)	(m³)	(%)	(m³)	(%)
São Paulo	2 044 658	23,9	2 237 491	25,1	1 908 585	22,2	1 880 243	22,1
Santos	1 164 544	13,6	1 493 371	16,8	1 285 841	15,0	1 093 256	12,9
São José dos Campos	2 042 137	23,9	2 019 861	22,7	2 656 282	30,9	2 285 041	26,9
Sorocaba	361 099	4,2	361 099	4,1	309 750	3,6	309 750	3,6
Campinas	1 438 612	16,8	1 287 016	14,5	830 890	9,7	901 306	10,6
Ribeirão Preto	595 339	7,0	596 999	6,7	648 685	7,5	718 018	8,4
Bauru	232 901	2,7	232 901	2,6	329 131	3,8	390 664	4,6
São José do Rio Preto	321 790	3,8	296 790	3,3	242 389	2,8	242 389	2,9
Araçatuba	43 630	0,5	43 630	0,5	48 330	0,6	48 330	0,6
Presidente Prudente	175 504	2,1	205 504	2,3	268 465	3,1	567 265	6,7
Marília	124 221	1,5	130 869	1,4	69 526	0,8	64 600	0,7
Total	8 544 435	100,0	8 905 531	100,0	8 597 874	100,0	8 500 862	100,0



*FOTO 1 - Vista geral da cava*



*FOTO 2 - Detalhe da bomba de cascalho*





*FOTO 3 - Presença de matacoes*



*FOTO 4 - Caixas de sedimentacao secundarias*





*FOTO 5 - Bomba de polpa*



*FOTO 6 - Tubulacao*





*FOTO 7 - Caixas de sedimentacao - segundo estagio*



*FOTO 8 -Estoque*



*FOTO 9 - Primeiro estagio da barragem de rejeitos*



*FOTO 10 - Segundo estagio da barragem de rejeitos*





*FOTO 11 - Recuperação das encostas*



*FOTO 12 - Recuperação das áreas degradadas*





## BIBLIOGRAFIA.

RUIZ, Mauro Silva. Mercado produtor mineral do Estado de São Paulo.

DUNN, J. R. Construction material. Sand and gravel.

FÁBRICA DE AÇO PAULISTA. Manual de britagem.

LEFOND, S. J. Industrial materials and rocks.

INFORMATIVO DA PRODUÇÃO MINERAL. São Paulo : PRÓ-MINÉRIO/IPT/DNPM, 1985-1988.

VALVERDE F. M., KIYOTANI, M. A. Mineração em áreas urbana. Brasil Mineral, V-4 , n.30 p: 31-36, maio 1986.

ANAIS SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS.