MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

CONVÊNIO DNPM-CPRM

PROJETO DIRETRIZES PARA MINERAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

RELATÓRIO FINAL
FASE I

ANEXO AO MEMO 572/EPEF

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL
CONVÊNIO DNPM - CPRM

PROJETO DIRETRIZES PARA MINERAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

RELATÓRIO FINAL
FASE I

Arlei Benedito Macedo

Armando Márcio Coimbra

Henrique Natividade

I96

CPRM — DIDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 1751
N.º de Volumes: 1 V: - S
Phl 010041

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

1985

PROJETO DIRETRIZES PARA MINERAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

COORDENADOR GERAL: *Fernando Mendes Valverde-DNPM*

COORDENAÇÃO TÉCNICA: *Arlei Benedito Macedo-CPRM/DNPM*

REDAÇÃO E REVISÃO: *Arlei Benedito Macedo-CPRM/DNPM*

Henrique Natividade-EMPLASA

EQUIPE EXECUTORA: *Gerson B. Ostafiuc-CPRM*
Sérgio A. Antonini-IPT/PRÓ-MINÉRIO
José Luiz Bordignon-IPT
Henrique Natividade-EMPLASA
Herman Vargas Silva-CETESB

CONSULTOR: *Armando Márcio Coimbra-USP*

SUPERVISORES: *Ódimo Francisconi-CPRM*
Ayrton Sintoni-IPT
Décio José A. Mello Freire-EMPLASA
Moacir Francisco Moço-PRÓ-MINÉRIO
Gandhi Pires Fraga-CETESB
Fernando Batolla Jr.-CPRM

CPRM

SIGLAS UTILIZADAS NESTE RELATÓRIO

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CODEGRAN - Conselho Deliberativo da Grande São Paulo

CONSULTI - Conselho Consultivo da Grande São Paulo

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral

EMPLASA - Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A.

FUMEFI - Fundo Metropolitano de Financiamento e Investimento

GEGRAN - Grupo Executivo da Grande São Paulo

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

IUM - Imposto Único Sobre Minerais

ORTN - Obrigação Reajustável do Tesouro Nacional

PDM - Plano Diretor de Mineração

PMDI - Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado

PRÓ-MINÉRIO - Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado de São Paulo

PROSIG - Projeto Sistema de Informações Geológicas

RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

SBG/NSP - Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo de São Paulo

SCM - Sistema Cartográfico Metropolitano

SNM - Secretaria dos Negócios Metropolitanos

SPAM - Sistema de Planejamento e Administração Metropolitana

USP - Universidade de São Paulo

S U M Ã R I O

1 - RESUMO 1

2 - ABSTRACT 2

3 - FUNDAMENTAÇÃO DO PROJETO 3

3.1 - A Região Metropolitana de São Paulo e seu planejamento 3

3.2 - O planejamento metropolitano em relação à mineração 5

3.3 - A mineração da areia na Região Metropolitana de São Paulo 7

3.3.1 - Introdução 8

3.3.2 - Tipos de lavra de areia 8

3.3.2.1 - Lavra de areia em leito de rio 8

3.3.3.2 - Lavra de areia em cava submersa 9

3.3.2.3 - Lavra de areia em cava seca 10

3.3.2.4 - Considerações 12

3.3.3 - Aspectos Econômicos 13

3.3.3.1 - Produção 13

3.3.3.2 - Preços 14

3.3.3.3 - Custos 15

3.3.3.4 - Previsão de demanda 16

3.3.3.5 - Reservas 17

4 - OBJETIVOS DO PROJETO 19

4.1 - Objetivos gerais 19

4.2 - Fases de execução 20

5 - A FASE PRELIMINAR DO PROJETO 21

5.1 - Histórico 21

5.2 - Resumo das atividades desenvolvidas 22

5.2.1 - Organização e integração da equipe 22

5.2.2 - Aquisição e organização da documentação básica..... 22
5.2.3 - Confecção de mapas preliminares..... 28
5.2.4 - Trabalhos de Campo..... 29

6 - GEOLOGIA E OCORRÊNCIAS DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO..... 32
6.1 - Geologia 32
6.2 - Tipos de ocorrências de areia na Região Metropolitana de São Paulo 37
6.2.1 - Sedimentos ativos em leitos de rios ... 37
6.2.2 - Areias de aluviões recentes 37
6.2.3 - Areias de aluviões antigos 38
6.2.4 - Areias de formações atribuídas ao Terciário 39
6.2.5 - Areias de alteração de rochas cristalinas 39

7 - METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DE JAZIMENTOS DE AREIA 41
7.1 - Introdução 41
7.2 - Levantamento geológico de superfície 41
7.3 - Amostragem 42
7.4 - Ensaios de laboratório 44
7.4.1 - Ensaios granulométricos e medidas geométricas 44
7.4.2 - Composição dos sedimentos 45
7.4.3 - Características físicas e mecânicas ... 46
7.4.4 - Serviços de amostragem e ensaio efetuados pelo IPT para o Projeto 46
7.5 - Sondagens 47
7.5.1 - Sondagem a trado 47
7.5.2 - Sondagem com martelo pneumático 49
7.5.3 - Sondagem a percussão manual 49
7.5.4 - Sondagem banka 51

7.5.5 - Sondagem banka motorizada 51
7.5.6 - Sonda a percussão motorizada, de grande diâmetro 52
7.5.7 - Sondagem rotativa 52
7.5.8 - Escavação de poços e trincheiras 52
7.6 - Geofísica 52
7.6.1 - Introdução 53
7.6.2 - Eletrorresistividade 53
7.6.3 - Perfilagem de furos de sondagem 56
7.6.4 - Sísmica de refração 57
7.6.5 - Perfilagem sísmica contínua de alta resolução e sonografia 58
7.7 - Comentário 58
7.8 - Metodologia recomendada 59
7.8.1 - Introdução 59
7.8.2 - Nível Regional 59
7.8.3 - Nível Local 60
7.8.4 - Nível de detalhe 61

8 - PROPOSTA PARA A CONTINUIDADE DO PROJETO 63
8.1 - Introdução 63
8.2 - Proposta para 1985 64
8.2.1 - Levantamento regional de recursos em areia 65
8.2.2 - Estudo de processos de lavra e recuperação 66
8.3 - Finalização do Projeto 66

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 68
9.1 - Conclusões 68
9.2 - Recomendações 71

10 - BIBLIOGRAFIA 73

ANEXOS

ANEXO I - Mapa Geológico - Folha 541 - SCM

ANEXO II - Mapa de Caminhamento - Folha 541 - SCM

ANEXO III - Geologia da Região do Parateí

CPRM

1 - RESUMO

O Projeto Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo foi proposto como parte da implantação do Plano Diretor de Mineração da Região, tendo como objetivos avaliar e caracterizar os recursos disponíveis de areia na Região, conforme metodologia selecionada de acordo com as condições locais, elaborar estudos e normas para a lavra e recuperação de áreas com areia, estudar a demanda, fontes de suprimento e meios de transporte de areia e estabelecer diretrizes para a mineração deste bem mineral. Foi constituída uma equipe com técnicos do DNPM, CPRM, IPT, PRÓ-MINÉRIO, EMPLASA, CETESB e USP para a execução do Projeto. Durante o ano de 1984 (fase I) foram realizados: (a) levantamento bibliográfico: 233 trabalhos sobre a geologia, ocorrência e aproveitamento de jazidas de areia; (b) visita às ocorrências e perfis geológicos, onde foi verificado que na região predominam rochas pré-cambrianas (Complexo Cristalino e Grupo São Roque), cujos membros mais quartzosos podem formar por intemperismo jazidas de areia irregulares de difícil pesquisa e lavra, que causam grande poluição e degradação das áreas quando mineradas; sobrepostas às rochas cristalinas ocorrem as bacias de São Paulo e parte da de Taubaté, com formações arenosas (Itaquaquecetuba) e areno-argilosas (São Paulo e Caçapava), com dificuldades para a pesquisa e lavra de areia e danos ambientais proporcionais à quantidade de impurezas existentes nas jazidas; os aluviões modernos e leitos de rios são pouco lavrados na região, pelo esgotamento das reservas e teor argiloso dos depósitos; (c) foram testados métodos de mapeamento, sondagens, geofísica e ensaios de laboratório e elaborados roteiros de trabalho a nível regional e local; (d) foram compilados mapas preliminares de geologia e distribuição de áreas tituladas para areia. Foi considerado positivo o trabalho conjunto das entidades interessadas no problema da areia na RMSP. Para que seja garantida a acumulação e troca de experiências foi proposta a manutenção da equipe básica e sua participação durante todas as fases do Projeto. Para o ano de 1985 foi proposta a efetivação das fases II (avaliação das reservas de areia), III (estudo da disponibilidade das reservas em relação do uso do solo e legislação) e IV (estudo e elaboração de normas para a lavra e recuperação de áreas mineradas para areia).

2 - ABSTRACT

The Policy for Sand Mining in São Paulo Metropolitan Area Project was proposed as part of the implementation of the Master Plan for Mining of that Area. The evaluation and characterization of the available sand resources, the study of the demand, the sources of supply and transportation of sand and the establishment of policy for management of this mineral commodity were the objectives of this project. To carry out the project a working group was stablished, with personnel from DNPM, CPRM, IPT, PRÓ-MINÉRIO, EMPLASA, CETESB and USP. During 1984 were made: (a) a bibliographical research (233 papers); (b) a survey of the geology, the types of sand occurrences and the mining methods used in the Area; (c) testing of metheds of geologic mapping, boring, geophysics and laboratorial routines for evaluation and characterization of sand deposits; (d) compilation of preliminary maps containing geological and legal information related to sand occurrence and extraction in the Area. The combined effort of all organizations concerned with the problem of sand in the Area was considered fruitful, so the maintenance of the basic group and its participation in all phases of the project was proposed, to warrant the accumulation and exchange of experience. For 1985 it has been proposed the execution of phases II (sand resources evaluation), III (study of availability of reserves with regard to soil uses and legislation) and IV (study of mining and rehabilitation of sites with sand deposits).

3 - FUNDAMENTAÇÃO DO PROJETO

3.1 - A Região Metropolitana de São Paulo e seu planejamento

A Região Metropolitana de São Paulo, com uma área de 8.053 km^2, composta por 38 municípios e uma população de aproximadamente 13 milhões de habitantes, constitui-se na maior concentração urbana e industrial da América do Sul. O enorme poder polarizador exercido pela região até mesmo em regiões mais distantes do território reflete-se nos seus números de crescimento econômico e populacional. A R.M.S.P. cresceu durante a década de 70 a taxas próximas de 6% ao ano (2,4% decorrentes de crescimento vegetativo) o que significou cerca de 700.000 novos habitantes por ano. O crescimento da área construída, em que pese hoje um arrefecimento da atividade de construção civil, apresentou números da ordem de 50 km^2 anuais em média durante o mesmo período, constituindo hoje uma mancha urbanizada de aproximadamente 1.500 km^2.

A resultante deste crescimento extremamente acelerado, foi a diminuição, da capacidade do poder público de fazer face à necessidade de coordenação e planejamento racional da região. As relações econômicas e sociais entre os principais municípios que hoje compõem o quadro metropolitano e os problemas decorrentes dessas mesmas relações, de há muito haviam extravasado os limites do âmbito municipal.

Algumas tentativas isoladas já haviam sido feitas no sentido de dar à região um plano básico de desenvolvimento, tentativas estas que culminaram com a criação em 1967 do Grupo Executivo da Grande São Paulo - GEGRAN, ligado à Secretaria de Economia e Planejamento. Esse órgão realizou, de 1967 a 1974, quando foi extinto, números estudos, pesquisas e planos, preparando o caminho para a criação futura de um sistema mais completo e integra

do para a Região Metropolitana, a qual viria a se constituir a partir de 1974.

A elaboração do Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado - P.M.D.I - ainda nessa fase, constituí-se no primeiro grande passo para o desencadeamento de um processo de planejamento regional mais efetivo. As diretrizes e proposições contidas nesse plano, ainda muito abrangentes, serviriam de esteio às primeiras tomadas de decisões do Sistema de Planejamento e Administração Metropolitano - SPAM, nos campos do uso do solo, da política de desenvolvimento econômico e social, recureos hídricos, saneamento e transportes, entre outros.

A criação das regiões metropolitanas brasileiras foi assegurada constitucionalmente pelo artigo 164 da Emenda Constitucional nº 1, de 17/10/69, que autorizou a criação de tais regiões para a "realização de serviços comuns". Essa é a figura jurídica que vincula pela base todo o campo de competência da ação de governo do tipo metropolitano. A explicitação dessa competência está definida pela Lei Federal Complementar nº 14, de 08/05/73, que caracteriza, sem prejuízo de outros que a elas possam ser agregados, os seguintes "serviços comuns":

- planejamento integrado de desenvolvimento econômico social;
- saneamento básico, notadamente abastecimento de água, rede de esgôto e serviço de limpeza pública;
- uso do solo metropolitano;
- transportes e sistema viário;
- produção e distribuição de gás combustível canalizado;
- aproveitamento dos recursos hídricos e controle da poluição ambiental, na forma que dispuzer a lei Federal.

A efetiva criação da Região Metropolitana de

São Paulo veio através da lei Estadual Complementar nº 94, de 29/05/74 que instituiu o Sistema de Planejamento e Administração Metropolitana (SPAM), composto dos seguintes órgãos: Conselho Consultivo (CONSULTI) e Deliberativo (CODEGRAN); Secretaria dos Negócios Metropolitanos (SNM), órgão político e normativo responsável pela condução de todas as deliberações e diretrizes adotadas pelos Conselhos; a Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo - (EMPLASA), unidade técnica executiva do Sistema e Fundo Metropolitano de Financiamento e Investimento (FUMEFI), dispositivo de captação e repasse de recursos financeiros para a aplicação em programas na região.

3.2 - O planejamento metropolitano em relação à mineração

A adoção, desde logo, por parte do SPAM, das principais diretrizes e proposições contidas no P.M.D.I. deu ensejo a uma série de estudos específicos, visando à elaboração de textos legais como os que, mais tarde, vieram a se constituir, tais como a lei de Proteção aos Mananciais e a lei de Zoneamento Industrial.

Com decorrência dessa primeira linha de tratamento adotada pelo SPAM, foram criadas propostas para a elaboração de legislação sobre espaço previamente delimitado, considerado - a exemplo da área de proteção aos mananciais - área de interesse metropolitano.

As quatro situações estudadas em maior detalhe foram as seguintes:

- áreas de proteção ambiental;
- áreas de preservação para a garantia da produção rural;
- áreas de preservação do acervo cultural e paisagístico regional;
- áreas de expansão urbana.

Até então, a mineração não havia sido contemplada com diretrizes específicas para o setor, uma vez que a legislação federal não permitia ao proprietário do solo e ao município um mínimo de autonomia no trato das questões minerárias.

A denúncia, através da imprensa, de greves conflitos gerados pelo confronto da atividade minerária com outros usos do solo levaram a S.N.M. e o Departamento Nacional da Produção Mineral - D.N.P.M., a firmar, em 28/09/76, um convênio visando estabelecer uma sistemática pela qual todos os processos para a pesquisa e lavra mineral na R.M.S.P. fossem submetidos a análise e parecer da S.N.M.. Desta foram todas as solicitações para a pesquisa ou concessões de lavra passaram a ser consideradas também do ponto de vista do uso e ocupação do solo.

Como decorrência do convênio DNPM-SNM foi elaborado o Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de São Paulo - PDM, o qual estabelece as diretrizes gerais a serem tomadas pelos organismos públicos responsáveis pelo setor mineral e pelo planejamento da R.M.S.P.. Seu objetivo básico foi o de criar condições capazes de determinar o desenvolvimento da atividade mineral integrada ao planejamento metropolitano, assegurando, ao mesmo tempo, o suprimento de matérias primas para os setores minerais e em especial, para a indústria da construção civil.

Dentre as propostas preconizadas pelo PDM no seu capítulo de Diretrizes e Proposições salientam-se a criação de Conselho Diretor de Mineração, a elaboração de planos diretores municipais de mineração, já tendo sido realizados seis planos até o momento e a elaboração de estudos específicos visando um conhecimento mais claro das potencialidades minerais da região, tendo em vista que o mapa de potencial editado em anexo ao PDM não apresenta detalhamento suficiente para as necessidades de planeja

mento, tendo em vista a falta de informações geológicas quando de sua elaboração (foi efetuado sobre uma ampliação a 1:100.000 do mapa geológico a 1:250.000 da CPRM) e as limitações impostas pela exiguidade dos prazos de execução do mapa e do PDM.

Entre os estudos específicos foi considerado primordial o referente à areia, pois, segundo os estudos acima citados, cujos dados serão detalhados adiante, as reservas lavráveis deste bem mineral foram consideradas pequenas, além destas reservas serem as mais ameaçadas de inviabilização, devido ao avanço da urbanização e às leis restritivas à atividade mineral. Também foi levado em conta que as atuais lavras de areia representam problemas para o meio ambiente, que devem ser resolvidos para que a mineração de areia possa ser aceita como um uso do solo compatível com a conservação da qualidade ambiental, mesmo em áreas protegidas, como aquelas incluídas dentro da Lei de Proteção de Mananciais. Estes foram os motivos que levaram o DNPM a propor um programa de trabalho, dirigido e financiado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado de São Paulo - PRÓ-MINÉRIO, e Secretaria dos Negócios Metropolitanos - SNM, tendo como executores a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Instituto de Pesquisas Tecnológicas S/A - IPT, Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo - EMPLASA e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, visando o estudo do potencial e da produção de areia na região metropolitana de São Paulo, as relações entre essa mineração e o uso do solo, processos de lavra e recuperação e a proposição de diretrizes de mineração.

3.3 - A mineração da areia na Região Metropolitana de São Paulo

3.3.1 - Introdução

A Região Metropolitana de São Paulo contribui com aproximadamente metade da produção de areia para construção do Estado, não sendo esta produção suficiente para a cobertura de suas necessidades atuais, parte das quais são atendidas pela produção de outras áreas, especialmente do Vale do Paraíba (IPT, 1982).

O presente capítulo discute os vários tipos de lavras existentes na Região, os processos de mineração mais comumente aí utilizados e seus efeitos sobre o meio ambiente. São abordados também os principais aspectos econômicos dessas atividades e sua importância no desenvolvimento metropolitano. A geologia dos depósitos será apresentada em capítulo posterior.

3.3.2 - Tipos de lavra de areia

Na Região Metropolitana de São Paulo as lavras de areia, conhecidas comumente como "portos de areia", são encontradas em quatro tipos de ocorrências litológicas principais: areias de leito de rio, areias de aluvião,areias de sedimentos terciários e areias produto da alteração de rochas cristalinas. O tipo de ocorrência, aliado à posição topográfica do depósito, condicionam os processos de lavra , podendo estas serem realizadas em cava seca, através de desmonte hidráulico ou em cava submersa com o emprego de bombas de sucção. A natureza dos depósitos, bem como o emprêgo de técnicas rudimentares e a falta de um adequado planejamento no manejo da maioria dessas lavras conduzem em alguns casos à combinação de processos de extração. Os principais métodos empregados nos portos de areia da Área Metropolitana são os de leito de rio, cava submersa e cava seca.

3.3.2.1 - Lavra de areia em leito de rio

Este tipo de lavra é o mais raro na região, tendo em vista o esgotamento ou a inviabilização dos depósitos dos principais rios fornecedores de areia. Os métodos empregados são bastante simples e de baixa produtividade. Geralmente a areia é dragada por sucção, através de bomba instalada em uma barcaça e repassada a outra para o transporte até a margem do rio. Um dispositivo no fundo do casco da barcaça permite um rápido despejo da areia que é então novamente sugada e levada para os silos para separação gravitativa e armazenagem. No caso da existência de materiais grosseiros, tais como cascalhos ou restos vegetais, é reabilizada também uma seleção de material através de peneiramento.

Este procedimento é empregado quando se extrai a areia ativa ou consolidada do leito do rio. Os baixos teores de finos permitem uma maior flexibilidade na condução dessas lavras porque não há necessidade de relavagem do material e a construção de tanques de decantação, economizando-se em equipamento e instalações. Este processo é o de mais baixo custo entre os empregados na região.

Os danos causados ao meio ambiente por esse processo são muito pequenos, estando diretamente relacionados à fração de finos encontrada no leito do rio. A movimentação desse material pode provocar o turvamento da água, prejudicando a vida animal e vegetal no rio, além de dificultar o aproveitamento da água para fins agrícolas e industriais nas áreas imediatamente a jusante da mineração.

3.3.2.2 - Lavra de areia em cava submersa

Os processos empregados neste tipo de lavra, são, em parte, semelhantes àqueles das lavras de leito de rio. As maiores diferenças estão relacionadas com a posição da lavra em relação ao rio e com as características do depósito. Estas lavras se localizam nas margens dos rios, sempre no âmbito da planície aluvial, podendo estar próximas ou

não do canal principal.

Dada a sua localização topográfica em relação ao lençol freático, as cavas abertas nas margens dos rios sofrem constante infiltração de água, obrigando o minerador a trabalhar a submerso, utilizando bombas de sucção para a extração da areia. Com exceção dos portos de areia da região de Carapicuíba, que utilizam o transporte de areia por barcaças, os demais usam bomba em balsa estacionária, sendo a areia transportada através de tubulação até a área de deposição em lagoa secundária. Este processo permite a relavagem do material, visto que esses depósitos de áreas marginais aos rios apresentam maior quantidade de finos que os de leito de canal. Antes de ser enviada aos silos a areia sofre um peneiramento para a separação do material grosseiro.

O uso de maior número de bombas, a remoção mecânica do capeamento e a construção dos tanques de decantação são fatores que tornam este tipo de lavra mais oneroso que o anterior.

Os problemas para o meio ambiente são variados e vão desde o simples turvamento da água até o assoreamento dos leitos dos cursos d'água, agravado por ocasionais rompimentos dos diques dos tanques de finos na época das chuvas. Esses acidentes são frequentes na mineração de areia e são o resultado do mau dimensionamento dos tanques de decantação, geralmente com paredes baixas de terra, mal compactadas e vertedouros insuficientes para a vazão na época de chuvas.

3.3.2.3 - Lavra de areia em cava seca

A lavra de areia em cava seca é característica dos depósitos sedimentares terciários e de alteração de rochas cristalinas, embora seja praticada em setores de várzeas de alguns rios da área metropolitana. É a técnica

mais utilizada na região e a que mais agride o meio ambiente.

As frentes de lavra geralmente se situam a meia encosta nos flancos de vales fluviais. A lavra é iniciada pela remoção mecânica do capeamento, sendo o material resultante utilizado para a construção das paredes dos tanques de decantação. Os níveis mais arenosos são então desmontadas por canhões hidráulicos, auxiliados por máquinas de terraplenagem quando o material é muito compacto. A areia desmontada é geralmente muito impura, devido aos numerosos níveis argilosos, que podem predominar nos depósitos terciários e de alteração de rochas pré-cambrianas. Ela é encaminhada por gravidade para uma bacia de captação, sofrendo uma primeira separação gravitativa do material mais fino. O material é então sugado e encaminhado para separação gravitativa ou lavagem, processo que pode ter vários estágios, em tanques de alvenaria, tanques de terra ou simples buracos no chão, sendo finalmente encaminhado aos silos para separação gravitativa final e armazenamento. A fração argilosa segue para os tanques de decantação.

O custo desta lavra geralmente é superior ao da lavra em cava submersa e pode ficar muito alto se for grande o número de separações e lavagens necessário para conseguir uma areia vendável a partir de um depósito muito argiloso, ou nos casos em que o depósito é muito compacto, exigindo muito tempo de desmonte hidráulico e auxílio de máquinas de terraplenagem. Este custo alto tem levado ao fechamento de alguns portos na presente crise, ou obrigado os mineradores de maiores recursos a trocarem seus motores a diesel por gás ou eletricidade.

Nos locais onde há grande potencial de areia e pouca água disponível, ou onde os controles de poluição são maiores, a operação é feita em circuito fechado, com reaproveitamento da água após decantação.

O dano ambiental causado pelas lavras em cava seca é grande, começando pelo turvamento da água, passando pelo assoreamento dos cursos d'água, muito comum devido à grande quantidade de rejeitos e a técnica pouco apurada de construção dos tanques de decantação e chegando a graves problemas de erosão e instabilidade dos taludes abandonados após a lavra. Em alguns casos ocorre poluição química, pois a oxidação e hidratação de sulfetos existentes na areia de alguns aluviões dão origem a ácidos, que podem levar a efluentes até de pH 2. A extrema variabilidade dos depósitos de alteração de rochas cristalinas faz com que as lavras neles efetuadas ocupem grandes áreas, frequentemente abandonando morros íngremes constituídos de partes menos arenosas, e grandes lagoas de água estagnada nas cavas abandonadas. A grande área ocupada por essas minerações, que podem às vezes se limitar à lavagem da parte superficial do terreno, mais alterada, conduz a grande competição com outros usos do solo. Em alguns casos, não sendo o minerador proprietário nem arrendatário de todo um morro lavrado, ocorrem problemas de instabilidade às construções já estabelecidas à medida que em sua direção avançam as frentes de lavra, com taludes íngremes e sem proteção.

3.3.2.4 - Considerações

Em resumo, as operações de lavra de areia observadas na Região Metropolitana de São Paulo apresentam em sua maioria problemas graves de natureza técnica e ambiental. É muito raro encontrar minerações onde foram realizadas pesquisas prévias ou concomitantes à lavra ou projetos de engenharia para dimensionamento de equipamentos e layout da mineração. É comum a localização de tanques de decantação sobre áreas ricas em areia, exigindo alto custo de remoção para posteriormente poder lavrar essas áreas, ou material aproveitável lançado em tanques de decantação, por não haver boa regulagem nem controle da separação hidráulica

nos silos. Embora não degradem áreas tão extensas quanto os loteamentos ou a agricultura mal conduzida, as lavras de areia constituem um grave problema ambiental, tanto pela poluição que na maioria das vezes causam quanto pela inviabilização das áreas lavradas para outros usos. O problema não é insolúvel, o que pode ser provado pelas experiências estrangeiras e mesmo os raros casos nacionais de lavras bem conduzidas. Foram visitadas pela equipe do projeto as instalações da Mineração Jundu, de areia industrial em Descalvado, SP, e lavras de areia de construção na região metropolitana em Biritiba-Mirim e no Bororé, que efetuam a mineração programada, recuperando áreas anteriormente lavradas com os rejeitos daquelas trabalhadas no momento. Segundo depoimentos dos responsáveis por estas lavras, que são concordantes com os apresentados pela literatura estrangeira (principalmente Schellie & Bauer, 1968), os custos de operação da lavra, incluindo a recuperação, são menores do que os da lavra mal conduzida, além de possibilitar a utilização ou venda posterior do terreno recuperado. É necessário que sejam exigidos planos de lavra e recuperação de todas as minerações, devendo os parâmetros de julgamento destes planos serem fixados após estudos que serão realizados na fase IV deste programa. Também os limites de poluentes físicos e químicos nos dejetos das minerações deverão ser fixados durante os próximos trabalhos.

3.3.3 - Aspectos Econômicos

3.3.3.1 - Produção

O Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 1984), indica como produção total de areia no Estado de São Paulo em 1983 um montante de 7 545 914 m^3, englobando as areias de construção e industriais, calculados a partir da arrecadação de tributos e relatórios de lavra. Kaefer et alii, em 1979, constataram a existência de 109 portos de areia na região

metropolitana de São Paulo, com a produção anual, declarada pelos produtores, em entrevistas de campo, de 4 224 000 m^3. O IPT, baseado em entrevistas, cálculo da capacidade instalada e ajustes de acordo com a produção observada, encontrou 4 716 000 m^3 para a Região Metropolitana de São Paulo, em 90 portos. A confiabilidade destas avaliações é muito pequena pelos seguintes motivos:

a) tanto os produtores quanto os consumidores de areias de construção estão muito dispersos, dificultando o controle direto de produção ou consumo;

b) existe grande sonegação de tributos, tornando de pequeno efeito os cálculos neles baseados;

c) dada a facilidade de montagem e desmontagem do equipamento, a lavra de areia em muitos casos é nômade, esgotando rapidamente pequenos depósitos e passando para outras áreas. Além disso, em épocas de crise, portos de areia são desativados, conforme observado em visitas de campo em 1984, e outros são abertos em épocas de crescimento da economia, como na década de 70.

3.3.3.2 - Preços

Os preços praticados para a areia de construção na Região Metropolitana de São Paulo nos portos de areia são principalmente controlados pela distância entre o porto de areia e o local de utilização. Embora outros fatores influam (qualidade de areia, grau de beneficiamento, tipo de aplicação), a distância do local de consumo é tão determinante que faz com que os preços mais altos encontrados durante as visitas de campo fossem atribuídos a areias de aluvião de boa qualidade, de Carapicuíba, e areia de alteração de rocha, de má qualidade, do bairro de Bororé. Em ambos os casos as áreas de consumo eram contíguas às de pro

dução. Areias de boa qualidade, produzidas em locais mais distantes, eram cotadas a preços muito inferiores àqueles das do Bororé. Houve influência da crise econômica sobre os preços. Os preços da areia, segundo a revista Construção em São Paulo caíram de cerca de 0,5 ORTNs/m^3 para 0,4 ORTNs /m^3 de 1981 a 1984, uma baixa de 20%. Assim sendo, e considerando que o óleo diesel, que é um importante fator de custo nos portos de areia que o utilizam (grande maioria), variou de 0,033 ORTNs/litro em 1981 para 0,043 ORTNs/litro em 1984, houve uma queda de 40% do preço da areia em relação ao preço de um de seus principais insumos. Além disso, os produtores declararam que houve queda de consumo,desde 1982 (último levantamento sistemático, IPT) até 1984, o que diminuiu ainda mais a lucratividade do setor, fator que tem levado ao fechamento de alguns portos e que dá vantagem relativa aos portos melhor equipados e com maiores recursos para ultrapassar a atual crise econômica.

3.3.3.3 - Custos

Os custos diretos de extração para areia de construção são condicionados pelo método de lavra, e pela escala de produção, sendo suas componentes mão de obra, encargos sociais, depreciação e manutenção de equipamento,combustíveis, lubrificantes e energia elétrica. Segundo Castro (s.d.) os custos de mão de obra em 1975 representavam aproximadamente 60% dos custos de extração. Com o aumento relativo dos custos de combustíveis e a diminuição relativa dos custos de mão de obra, devido aos reajustes salariais inferiores à inflação e à rotatividade de mão de obra propiciada pela crise econômica, essa proporção deve ter baixado substancialmente.

Os custos indiretos são formados pelas despesas administrativas, impostos e taxas (IUM na venda, taxa de licença municipal) e arrendamento pago ao proprietário do solo nos casos em que este não é o minerador. À medida em

que avança a urbanização, o preço da terra torna-se mais alto, diminuem as possibilidades de arrendamento e aumentam as exigências dos proprietários em relação ao estado em que deve ficar o terreno após a lavra, para que tenha futuro aproveitamento. Estes fatos, ligados às maiores exigências feitas pelas prefeituras, tornam muito oportunos os estudos e diretrizes sobre processos de lavra e recuperação de áreas mineradas, de forma a poder conciliar as atividades minerárias com outros usos do solo presentes e futuros.

3.3.3.4 - Previsão de demanda

Em Kaefer (1979) são apresentados os resultados de cálculos de regressão efetuados para previsão de demanda, de 1978 a 2000, que atribuem uma demanda de 7 961 895 m^3 para o ano 2.000, e uma demanda acumulada de 1978 até aquele ano de 127 575 579 m^3, para a RMSP. Estes dados levaram em consideração a evolução da produção nos anos anteriores à pesquisa, evolução prevista da população e evolução da construção civil. A presente crise econômica parece não ter contribuído muito para afastar o consumo do previsto, pois para 1982 era previsto um consumo de 4 009 720 m^3 enquanto que a pesquisa do IPT calculou um consumo efetivo de 4 716 000 m^3, superior ao projetado. O que parece mais provável, a partir de observações de campo efetuadas na presente fase do projeto, é que os dados utilizados na pesquisa mais antiga foram subavaliados, enquanto que os do IPT pareceram mais próximos do observado. Se isto for verdade, o que será avaliado em fases posteriores do projeto, a demanda futura de areia será muito maior do que a prevista em 1979. Além disso, é preciso considerar que os níveis normais de consumo no Brasil e na Região Metropolitana em particular, aproximadamente 0,5 m/hab/ano, são muito pequenos se comparados ao de nações desenvolvidas. Este consumo, na França, em 1977 (segundo Berton & Primel, 1981), foi de aproximadamente 3 m^3/hab, portanto, seis vezes maior.

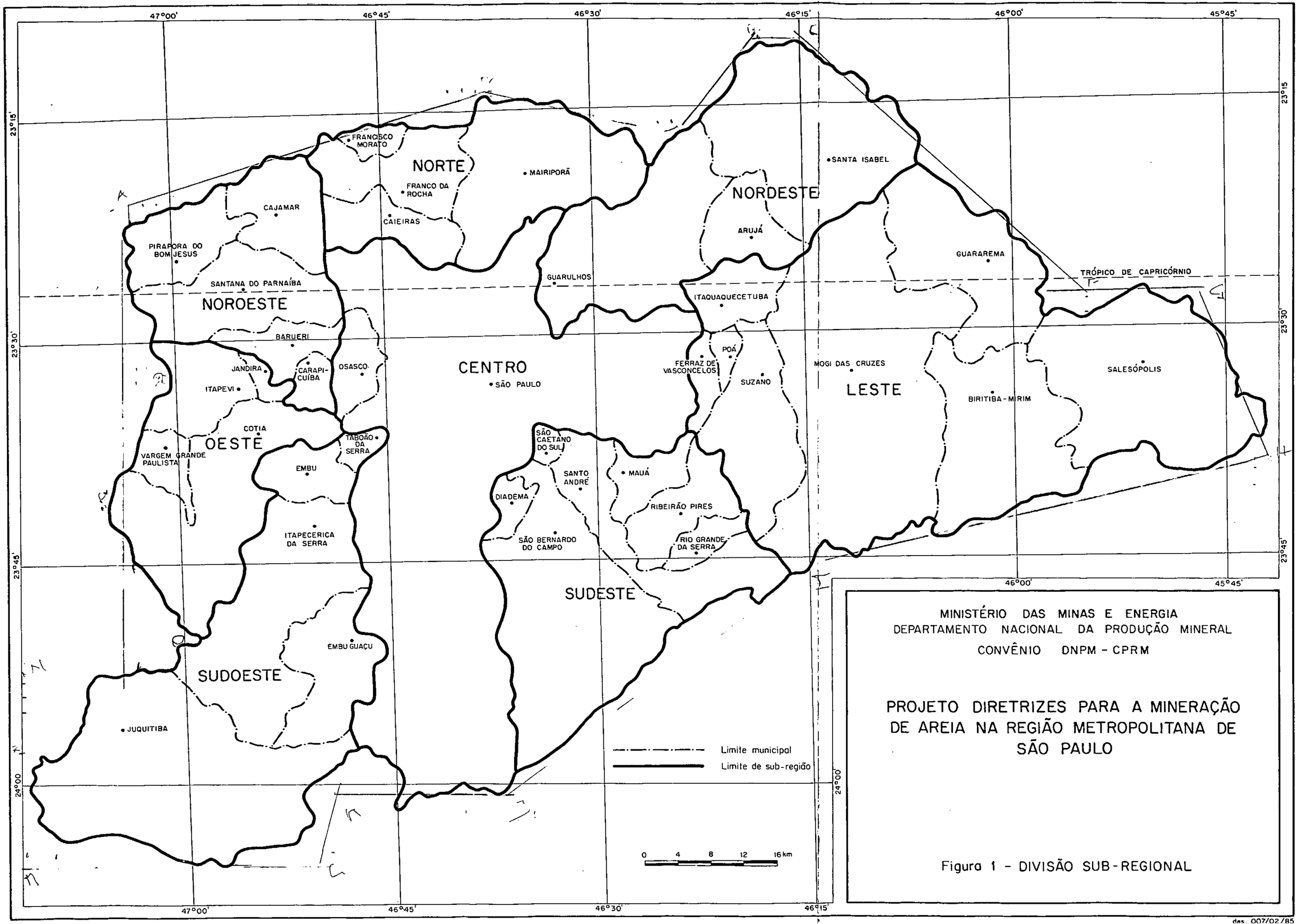
Se for considerada além disso a demanda reprimida, representada pela necessidade de habitações, obras viárias,obras de saneamento e edifícios públicos, que é muito alta no Brasil, estando além disso ligada a necessidade básicas de uma população em alto crescimento, torna-se evidente que qualquer política de desenvolvimento precisará contar com grande aumento da produção de areia. Para tanto é preciso contar com reservas lavráveis de areia a distâncias economicamente viáveis dos centros consumidores.

3.3.3.5 - Reservas

A avaliação das reservas de areia na Região Metropolitana de São Paulo é controvertida. O IPT, em 1982 indicava 58 100 000 m^3, enquanto o Manual para Empreendimentos Minerais na RMSP (EMPLASA, 1982), baseado em informações do DNPM, apresentava 87 616 678 m^3, sendo ambas as avaliações baseadas em informações dos mineradores (produção anual x tempo de vida útil da jazida). Considerando que poucos mineradores têm algum tipo de informação sobre sua reserva, não tendo quase nenhum deles feito cubagem tecnicamente orientada, e que quase todos forneceram dados de produção subavaliados, é possível notar a pequena confiabilidade das avaliações acima. Além disso, mesmo se confiáveis, elas representariam apenas as reservas em poder dos mineradores, por compra ou arrendamento dos terrenos, e não a reserva total lavrável, que é a que importa para o planejamento. De qualquer maneira, os montantes indicados são muito inferiores à previsão de demanda até o ano 2 000 mesmo se considerados os 128 milhões de m^3 projetados, (Kaefer, 1979), que parecem ser também subavaliados.

A pequena quantidade das reservas avaliadas, a alta demanda projetada, a demanda reprimida, mais a progressiva inviabilização das reservas pela ocupação urbana, indicam a necessidade de uma ação governamental destinada a conhecer as reservas de areia, determinar os processos mais

adequados de lavra e recuperação das áreas mineradas, avaliar o abastecimento e o transporte, para poder elaborar diretrizes da mineração que proporcionem ao mesmo tempo a garantia de reservas para mineração e a preservação do meio ambiente. Neste sentido foi proposto o projeto Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo, apresentado nos próximos capítulos.



MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL
CONVÊNIO DNPM - CPRM

PROJETO DIRETRIZES PARA A MINERAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Figura 1 - DIVISÃO SUB-REGIONAL

des. 007/02/85

4 - OBJETIVOS DO PROJETO

4.1 - Objetivos gerais

O Projeto Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo, foi planejado como parte da implantação do Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana de São Paulo, tendo como objetivos gerais:

a) selecionar, classificar e avaliar as reservas de areia na Região Metropolitana de São Paulo, conforme metodologia selecionada de acordo com as condições locais;

b) determinar a disponibilidade dos recursos de areia em função do uso e ocupação do solo, levando em conta as restrições impostas pelo meio físico e pela legislação;

c) dotar os organismos responsáveis de normas e procedimentos técnicos que orientem a lavra e recuperação das áreas com areia, de modo a minimizar os efeitos adversos ao meio ambiente, possibilitando a aceitação pública do aproveitamento deste bem mineral;

d) dimensionar as necessidades atuais e futuras de areia na Região Metropolitana de São Paulo, analisando-as em função da reserva disponível e das fontes alternativas de suprimento, de forma a solucionar o problema da exaustão das reservas;

e) estudar os meios de transporte e abastecimento de areia na Região Metropolitana de São Paulo e propor medidas para sua otimização;

f) integrar os resultados, estabelecendo diretrizes para a mineração de areia, através de manuais técnicos de operação, proposta de

estabelecimento de legislação específica e criação de mecanismos de apoio e fiscalização dessa atividade.

4.2 - Fases de execução

Para a realização destes objetivos foram concebidas sete fases de execução, cujas atividades, prazos e entidades participantes são apresentados no quadro I.

QUADRO I

PROJETO DIRETRIZES PARA MINERAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

FASES	I	II	III	IV	V	VI	VII
OBJETIVOS	Teste e seleção da metodologia para avaliação e caracterização das reservas.	Seleção, classificação e avaliação das reservas de areia.	Disponibilidade dos recursos de areia em função do uso e ocupação do solo.	Estabelecimento de normas e procedimentos para o aproveitamento dos recursos disponíveis de areia.	Estudos sobre o abastecimento de areia.	Estudos sobre o transporte de areia	Estabelecimento das diretrizes para a mineração de areia na R.M.S.P.
ATIVIDADES	1- Confecção de mapas preliminares de distribuição das reservas através de fotointerpretação e checques de campo na escala 1:25.000. 2- Trabalhos de campo e laboratório para testes de metodologias para avaliação e caracterização tecnológica das reservas 3- Estabelecimento de diretrizes para o planejamento das fases subsequentes 4- Resultados e críticas	1- Estudos sobre a distribuição das reservas geológicas de areia. 2- Inventário e plotação das áreas em lavra. 3- Seleção de áreas para detalhamento de campo, com exclusão das restrições de uso e ocupação do solo. 4- Caracterização tecnológica com indicação de usos preferenciais. 5- Avaliação das reservas 6-Mapa de distribuição, avaliação e caracterização tecnológica das reservas 7- Resultados e críticas.	1- Montagem de matriz mapa de distribuição, avaliação e caracterização tecnológica dos recursos de areia X leis e diretrizes metropolitanas de uso e ocupação do solo. 2- Reavaliação, se necessário, de áreas preferenciais. 3- Mapa de disponibilidade dos recursos de areia em função do uso e ocupação do solo, por município integrante da Região Metropolitana de São Paulo. 4- Resultados e críticas.	1- Métodos de lavra adequados aos jazimentos disponíveis e em fase de implantação. 2- Prazos de lavra, escalas de produção e equipamentos recomendados para os jazimentos disponíveis 3-Estudos e preparação de manuais relacionados à recuperação e reabilitação de áreas mineradas 4-Recomendações para aplicação imediata dos métodos obtidos nas áreas mineradas, em fase de mineração e em fase de implantação. 5- Resultados e críticas.	1- Estudos sócio-econômicos sobre as necessidades de areia na Região Metropolitana de São Paulo. 2- Estudos sobre o suprimento de areia para a Região Metropolitana de São Paulo, com 3- Resultados e críticas.	1-Estabelecimento de vias alternativas de suprimento 2- Obras necessárias em cada alternativa 3- Custos de operação por alternativa 4- Análise econômica de alternativas 5- Estudo do impacto de cada alternativa 6- Escolha de melhor alternativa 7- Resultados e críticas	1- Aspectos técnicos 2- Aspectos legais 3- Aspectos administrativos
PRAZOS	Maio a Novembro/1984	Janeiro a Dezembro/1985	Janeiro a Julho/1986	Janeiro a Dezembro/1986			
ENTIDADES	Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais - PRÓ-MINÉRIO. Secretaria dos Negócios Metropolitanos do Estado de São Paulo-SNM Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A- IPT. Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S/A-EMPLASA Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB.	DNPM CPRM SNM EMPLASA PRÓ-MINÉRIO IPT CETESB	DNPM CPRM SNM EMPLASA PRÓ-MINÉRIO IPT CETESB	DNPM CPRM SNM EMPLASA PRÓ-MINÉRIO IPT CETESB			DNPM CPRM SNM EMPLASA PRÓ-MINÉRIO IPT CETESB.

CPRM

5 - A FASE PRELIMINAR DO PROJETO

5.1 - Histórico

A fase preliminar do projeto (fase I do quadro I) teve seu planejamento estabelecido em reunião realizada a 5 de abril de 1984, na qual participaram representantes do 2º Distrito do DNPM, do PRÓ-MINÉRIO, da SNM, da EMPLASA, da CPRM e do IPT. Nesta reunião foram fixadas as bases de financiamento e operação do Projeto, sendo estabelecido que o DNPM teria a coordenação geral do Projeto através do geólogo Fernando Mendes Valverde e financiaria a participação da CPRM, com 2 geólogos, um dos quais exerceria a função de coordenador técnico. O PRÓ-MINÉRIO encarregou-se de financiar a participação de um geólogo de seus quadros e de contratar o IPT, que participaria com um geólogo na equipe básica do projeto e faria serviços de sondagem, geofísica e laboratório. A SNM encarregou-se de contratar a EMPLASA, com verbas do IUM, para participação de um geógrafo na equipe do projeto.

A incorporação de pessoal para a execução do projeto começou no mes de maio, com a entrada dos geólogos Arlei Benedito Macedo, coordenador técnico, e Gerson Bardichia Ostafiuc, ambos da CPRM, e Sergio Antonini, do PRÓ-MINÉRIO, seguidos do geógrafo Henrique Natividade, da EMPLASA. Durante o mes de junho foram incorporados os geólogos José Luiz Bordignon, do IPT e Herman Vargas Silva, da CETESB, participando estas entidades com verbas próprias até seu contrato pelo PRÓ-MINÉRIO. Em outubro começou a participação do Prof. Dr. Armando Márcio Coimbra, como consultor especializado em geologia de áreas sedimentares. Tendo sido os contratos do IPT com o PRÓ-MINÉRIO aprovados apenas em novembro, somente nesse mês começaram os trabalhos de sondagem, geofísica, amostragem e ensaios de laboratório, razão pela qual seus resultados finais não serão apresentados neste relatório, sendo feita apenas a apre

ciação metodológica. Estes resultados são objeto de relatórios específico apresentados pelo IPT ao PRÓ-MINÉRIO (relatórios IPT nºs 21912 e 21980). Os serviços do projeto foram auxiliados em todo seu decorrer pela auxiliar de escritório Maria Nunes da Rocha, da CPRM, que exerceu a função de secretária. Os trabalhos foram supervisionados por Fernando Batolla Junior e Ódimo Francisconi, pela CPRM, Ayrton Sintoni, pelo IPT, Décio J. A. Mello Freire, pela EMPLASA, Moacir Francisco Moço, pelo PRÓ-MINÉRIO e Gandhi Pires Fraga, pela CETESB.

5.2 - Resumo das atividades desenvolvidas

As atividades desenvolvidas na fase preliminar do projeto, de maio a dezembro de 1984, seguiram o planejamento fixado na reunião de 05/04/84, e serão aqui apresentadas na ordem da ata daquela reunião.

5.2.1 - Organização e integração da equipe

A equipe do projeto, constituída como relatado acima, cumpriu um programa de treinamento e familiarização com os problemas de mineração de areia na área metropolitana e as técnicas a serem utilizadas para seu estudo, através da leitura da bibliografia básica (projetos desenvolvidos na área, Plano Diretor de Mineração, trabalhos estrangeiros traduzidos pela equipe) e visitas a minerações de areia representativas dos diversos tipos de ocorrência geológica, técnicas de mineração e recuperação de áreas lavradas. A partir de outubro, com a incorporação à equipe do consultor, foram feitos perfis cortando as áreas mais características da geologia local. Todas as experiências foram generalizadas em reuniões técnicas da equipe do projeto.

5.2.2 - Aquisição e organização da documentação básica

Foram fornecidas pela EMPLASA as folhas do Levantamento Aerofotogramétrico da Região Metropolitana, a 1:25.000, parte do Sistema Cartográfico Metropolitano, publicadas em 1980 e 1981, e utilizadas como base para os trabalhos de mapeamento. Foram fornecidas, por empréstimo pela CPRM e EMPLASA, as coleções de fotos aéreas a 1:40.000 (de 1977) e 1:25.000 (de 1973) e a coleção das folhas geológicas originais do Prof. Moacyr Coutinho, a 1:50.000, que foram utilizadas como base para a publicação da Carta Geológica da Região Metropolitana de São Paulo, a escala de 1:100.000, de 1980. O DNPM forneceu as folhas de controle de áreas da região metropolitana a 1:25.000.

Foram coletados e classificados 233 trabalhos relacionados à mineração de areia e outros agregados e aos aspectos econômicos e ambientais desta atividade. Esses trabalhos foram examinados, sendo resumidos aqueles que se relacionavam diretamente às atividades desenvolvidas nesta fase. Uma listagem desses trabalhos é apresentada ao final do relatório. A seguir são comentados alguns trabalhos fundamentais, relacionados à metodologia de trabalho, economia e impacto sobre o meio ambiente.

Schellie & Bauer (1968) fazem notar a diferença entre recuperação de áreas mineradas, efetuada após a mineração ter deixado áreas degradadas, de difícil e cara reabilitação e a mineração planejada, que é feita de modo a que no final da operação a área esteja em situação semelhante ou melhor do que antes da lavra para outros usos do solo. Apontam como vantagens a maior eficiência no uso de pessoal e equipamento, menor movimentação de material, melhor utilização de material para aterro e aumento do valor da terra após a mineração. Os autores mostram ser necessário um completo conhecimento do local a ser minerado e da finalidade planejada para o local após a lavra para a feitura do projeto, o qual deve ser acompanhado e adaptado se houverem modificações nas condições locais durante o período de lavra.

Os autores informam os fatores que devem ser levados em conta para o projeto e dão sugestões para diversos tipos de depósito. Mostram que o plano deve ser feito antes da lavra, ou imediatamente, no caso de lavras já em atividade, pois um atraso no planejamento pode levar a danos irreparáveis, no caso da escavação de áreas que não deveriam ainda ser escavadas, ou por erros na localização de edificações permanentes, ou pelo menos a maiores gastos para movimentação de material de locais inadequados. Um dos méritos fundamentais do trabalho é ser escrito do ponto de vista do minerador, financiado pela National Industrial Sand Association. No caso brasileiro o projeto é ainda mais necessário, pois ocorrem casos até de localização de edificações permanentes ou tanques de decantação sobre partes da jazida mais ricas do que as em lavra.

Primel (1969) efetuou um estudo dos fatores que influenciam a distribuição e propriedades dos materiais aluvionares na bacia do Sena e a influência desses fatores nos métodos de prospecção e caracterização dos jazimentos, visando ao abastecimento de agregados (areia e cascalho). Utilizou métodos de fotogeologia e geomorfologia e observações de campo (espessuras do material lavrável e capeamento, heterogeneidades, embasamento, nível d'água e informações sobre as lavras), efetuando amostragem, geralmente de canal e estudos de laboratório (granulometria e mineralogia do material).

Berton e Primel (1981) apresentaram uma síntese da metodologia utilizada para estudos sobre agregados na França, principalmente aqueles financiados pela Taxa Parafiscal sobre Agregados. Dividem os estudos conforme os estágios de conhecimento a que levam, quais sejam: Estágio A (escalas de 1:200.000 a 1:50.000): Estudos gerais, que levam ao conhecimento global dos recursos ao nível regional: Localização geral dos materiais para granulados; caracterização sumária desses materiais; ordem de grandeza dos re

cursos: condições gerais de lavra; estado possível dos locais após a lavra. Estágio B: Definição dos setores favoráveis à lavra de agregados para abastecimento de uma zona de consumo (escala de 1:25.000). Delimitação dos setores a 1:25.000; caracterização dos materiais que permita definir os diferentes tipos e a homogeneidade dos jazimentos; avaliação sumária dos volumes do capeamento e do material útil por setor; condições de lavra por setor; definição das possibilidades de utilização dos terrenos após a lavra. Estágio C: Definição de setores em relação à sua lavra e à previsão de sua utilização após a mineração (escala de 1:100.000): Delimitação de zonas dentro dos setores definidos no estágio anterior em que seja permitida a lavra, em função da qualidade dos agregados, tipo de lavra e possibilidades de reutilização do local após a mineração. Estágio D: Estudos detalhados preparatórios à lavra (escala 1:1000): Delimitação exata dos setores a lavrar; definição do modo de remoção do capeamento e modo de lavra; definição do equipamento a utilizar para a extração e tratamento dos materiais; definição dos produtos que poderão ser comercializados; estudo dos movimentos de terra necessários para a recuperação do terreno (espessura, qualidade, modo de armazenamento). Os estágios A, B e C são cumpridos pelo poder público, enquanto o D é efetuado pelo minerador. Recomenda-se que não se passe a um estágio antes que o anterior esteja completo, para não desperdiçar trabalhos de detalhe em áreas que serão descartadas. São apresentados os métodos disponíveis para estudo de agregados de rochas incoerentes e de rochas maciças (brita), que serão comentados com maior detalhe no capítulo 7 deste relatório, a combinação de métodos para os vários estágios e o custo dos levantamentos efetuados à época na França, apontando o pequeno montante gasto por metro cúbico de material lavrável (menos de 0,02 F/m^3, o que representa 0,2% do preço médio FOB).

O Institute of Geological Sciences da Inglaterra

vem desde 1968 preparando mapas de avaliação de recursos de areia e cascalho a 1:25.000, financiado pelo Department of Environment e com a cooperação da Sand and Gravel Association of Great Britain. São avaliados os recursos, que incluem depósitos que são lavráveis atualmente e não apenas as reservas, que são atualmente economicamente exploráveis, pois é previsto o esgotamento das reservas e a necessidade de serem utilizados depósitos atualmente não econômicos. São considerados recursos "potencialmente lavráveis" depósitos com pelo menos 1 m de espessura, com razão de capeamento:material aproveitável de no máximo 3:1, e situados até a 25 m de profundidade. Os recursos são avaliados por blocos de 10 km^2 aproximadamente, sem levar em conta a inviabilização por outros usos do solo. Os dados são coletados em superfície, em afloramentos naturais e artificiais e com sondagens de até 30 m, efetuadas a percussão, com 6 polegadas de diâmetro.

O problema do abastecimento de agregados e a interação da mineração destes bens minerais com outros usos do solo tem sido tratado no Canadá, em especial em Ontario, com grande esforço de pesquisa e ordenação legal, havendo na bibliografia deste relatório uma lista extensa dos trabalhos que tratam dessa atividade naquele país. Serão aqui comentados aqueles mais relacionados com os objetivos desta fase do projeto.

Um resumo dos esforços feitos até 1977 em Ontario, para a elaboração e aperfeiçoamento do "Pits and Quarries Control Act" é publicado em "A policy for Mineral Aggregate resource management" (Ontario, 1977). Nota-se nesta publicação o complexo jogo de fatores econômicos, técnicos e políticos que envolvem esta atividade, tendo a regulamentação legal que resultar num compromisso entre os diversos interesses envolvidos, quais sejam os dos usuários de agregados, dos mineradores e dos ocupantes dos terrenos minerados ou de seu entorno. Além disso apresenta-se o trabalho já

efetuado e o necessário para a efetiva aplicação da legislação, permitindo à equipe do projeto prever alguns dos problemas que, adaptados à nossa realidade, terão que ser enfrentados.

O "Pits and Quarries Control Act", promulgado em 1980 (Ontario, 1982) representa o produto de dezenas de anos de trabalho dos funcionários do Ministério de Recursos Naturais de Ontario para a ordenação da mineração de agregados e suas relações com os usos do solo atuais e futuros. Ponto importante a considerar é a exigência de projetos de recuperação do terreno para outros usos do solo antes da expedição da licença para minerar e o recolhimento de um depósito em dinheiro, suficiente para a recuperação do terreno, que permanece em custódia no Ministério até que a mineração e reabilitação do terreno sejam completadas.

O Ontario Geological Survey vem realizando um estudo sistemático dos recursos em agregados, com o levantamento a 1:50.000 desses recursos em rochas sedimentares (principalmente aluviões e depósitos glaciais) e rochas maciças. Um exemplo é o da quadrícula de Timmins (Ontario Geol. Survey, 1983), onde foram efetuados estudos de geologia de superfície e sondagens a trado para delimitação das unidades potencialmente produtoras de agregados e cubagem aproximada das quantidades disponíveis para lavra ou preservação dos recursos. Os resultados foram apresentados em mapas à escala de 1:50.000. Cada depósito foi plotado no mapa juntamente com uma caracterização sumária, codificada, que abrange o teor em cascalho, a espessura, o tipo de ocorrência geológica, limitações de qualidade e textura expressa em percentagens de areia, cascalho e finos (silte + argila).

Em 22 de dezembro de 1982 o Gabinete da Província de Ontario, a partir de proposta do Ministério de Recursos Naturais (Ontario, 1982), aprovou a Política de Planejamento de Recursos de Agregados Minerais (Mineral Aggre-

gate Resource Planning Policy), de caráter mais geral que os documentos anteriormente comentados, e que estabelece a política a ser seguida pelos poderes públicos para o ordenamento da atividade extrativa de agregados em rochas incoerentes ou maciças, através da concessão de licenças, estabelecimento de zoneamento de uso do solo e criação de mecanismos de controle.

Kuck e Barreto (1977) apresentam os resultados de um levantamento das jazidas de areia para construção civil na Região Metropolitana de Salvador. Ali foram cubadas e caracterizadas por ensaios de granulometria, salinidade e determinação de impurezas orgânicas jazidas de areia de dunas litorâneas atuais, aluviões fluviais e das formações Barreiras, Marizal e São Sebastião. A cubagem foi feita através da delimitação das unidades por levantamento geológico de superfície e sondagens a trado de até 5 m de profundidade e a percussão com amostragem por bomba de areia até 10 m. Os resultados foram apresentados em mapas a 1:25.000.

Foi realizado um levantamento (IPT, 1982) das características tecnológicas das areias produzidas no Estado de São Paulo, nas regiões administrativas 1 (Grande São Paulo) e 3 (Vale do Paraíba), que consistiu de visitas a portos de areia para preenchimento de questionário e coleta de amostras dos produtos vendidos em cada porto, as quais foram submetidas a caracterização granulométrica, mineralógica e físico-química (determinação do módulo de finura,diâmetro máximo, teor de argila em torrões, teor de materiais pulverulentos, índice de matéria orgânica e massa específica). Foram também levantadas as técnicas de lavra, produção declarada e reserva (avaliada pelos mineradores como número de anos de lavra mantendo a produção atual).

5.2.3 - Confecção de mapas preliminares

Foram confecçionados mapas preliminares de compi

lação geológica e minerária. Inicialmente estava prevista a compilação através da interpretação de fotos aéreas. Tendo sido conseguidos os originais do levantamento realizado pelo Prof. José Moacyr V. Coutinho para a EMPLASA em 1980, a 1:50.000, foi decidido, com a concordância do coordenador geral, que seria feita a compilação, lançando em folhas do Sistema Cartográfico Metropolitano, a 1:25.000, as informações desse levantamento e as dos mapas a 1:25.000 elaborados pela EMPLASA para os planos diretores municipais de Suzano, Mogi das Cruzes, Caieiras, Pirapora do Bom Jesus, Itaquaquecetuba e Cajamar, além das folhas preliminares a 1:50.000 de Santana do Parnaíba e Guarulhos, em elaboração pelo IPT. Foram lançados os limites geológicos e principais alinhamentos estruturais, sendo as áreas pintadas a lápis de cor. As informações minerárias foram extraídas dos overlays a 1:25.000 produzidos em computador pelo DNPM, a 10/07/84, sendo levantadas as informações sobre substâncias minerais e detentores de direitos, a partir das listagens do PROSIG e do arquivo morto do 2º Distrito do DNPM. As áreas referentes a processos de areia foram realçadas a lápis de cor e lançadas nos overlays todas as informações minerárias compiladas, sendo plotados nos mapas geológicos os contornos das áreas com areia. Além disso foi iniciada a compilação de informações econômicas, utilizando fichas originais dos trabalhos de Kaefer et alii (1979) e do IPT (1982), tendo sido esse trabalho interrompido devido à discrepância entre os resultados dos dois levantamentos e a falta de dados seguros de localização no trabalho do IPT. Decidiu-se então fazer na próxima fase um cadastro dos portos de areia, concomitante ao levantamento sistemático das reservas, com informações completas e apoiado em trabalho de campo. Os mapas compilados (geológicos e overlays) encontram-se no 2º Distrito do DNPM.

5.2.4 - Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo efetuados nesta fase pela equipe do projeto foram:

a) verificação da compilação geológica: foram efetuados perfis abrangendo os principais elementos geológicos da área em estudo e principalmente da parte coberta por rochas sedimentares das bacias de Taubaté e São Paulo. Foi observado que havia concordância entre os limites da área sedimentar e as principais estruturas geológicas observáveis no terreno, em fotos e nos mapas usados para compilação apenas até o limite da escala do mapeamento original(1:100.000). Além disso, a estratigrafia das bacias, embora estejam situadas em área densamente ocupada, é mal conhecida, conforme indicam os trabalhos de Coimbra et alii (1983), Almeida et alii (1984) e Melo (1984). A falta de base geológica adequada obrigará a trabalhos de mapeamento nas fases seguintes do projeto, realizado em conjunto com os autores citados, que desenvolvem atualmente um trabalho de revisão da estratigrafia das bacias de São Paulo e Taubaté, como parte de projetos do IPT, PRÓ-MINÉRIO, USP e Companhia Hidrelétrica de Furnas.

b) Visita às principais áreas de extração de areia na Região Metropolitana e na área do Vale do Paraíba (que fornece quase metade da areia consumida na Região Metropolitana), para observação de métodos de lavra, tipo de ocorrências geológicas e interferências com o meio ambiente, possibilitando a escolha de áreas para detalhamento.

c) Pesquisa de técnicas para estudo de jazimentos de areia e seu aproveitamento: foram pesquisadas técnicas de sondagem, geofísica e levanta

mento geológico de jazidas de areia. Para esta pesquisa foi utilizada como área piloto a folha 541 do Sistema Cartográfico Metropolitano de São Paulo, a 1:25.000 (município de Santa Isabel), a qual apresenta portos de areia em áreas sedimentares (de aluvião e sedimentos terciários areno-argilosos) e áreas de rochas pré-cambrianas (granitos e gnaisses) cujos produtos de alteração podem ser lavrados para areia, juntando desta maneira em uma só folha todos os tipos de ocorrência de areia encontráveis na Região Metropolitana. Os mapas geológico e de caminhamento dessa folha são apresentados nos anexos I e II e a nota explicativa da geologia no anexo III. Os perfis de sondagem mecânica e geofísica são apresentados em relatórios próprios, do IPT ao PRÓ-MINÉRIO (IPT nºs 21980, 21912 e 21809) e um comentário metodológico do resultado desses métodos é apresentado no capítulo 7 deste relatório. As sondagens mecânicas e geofísicas, bem como os ensaios de laboratório, tiveram seu desenvolvimento muito atrasado devido aos recursos do PRÓ-MINÉRIO para estes serviços terem sido liberados somente em novembro.

6 - GEOLOGIA E OCORRÊNCIAS DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

6.1 - Geologia

A área da Região Metropolitana de São Paulo, situada no Planalto Atlântico, é dominada por rochas pré-cambrianas, ocorrendo em sua porção central as rochas sedimentares da Bacia de São Paulo e a NE uma parte da Bacia de Taubaté. (fig. II).

O embasamento é constituído por rochas cristalinas pré-cambrianas básicamente granitos, gnaisses migmatíticos, micaxistos, filitos, além de quartzitos, anfibolitos e outras litologias mais restritas. Dois grandes grupos de rochas dominam a área: o Complexo Cristalino, mais antigo a extenso e o Grupo São Roque, encravado no anterior e limitado por linhas de falhamento. Todo o conjunto esteve submetido a grandes esforços horizontais transcorrentes desde o Pré-Cambriano. Em consequência de tais esforços e o desenvolvimento de fraturas em direções variadas, mas preferencialmente NE, formaram-se grandes blocos, acunhados e basculados ao longo de linhas EW ou próximas (nos quadrantes NE e NW), sempre com levantamentos dos blocos norte, relativamente aos do sul (Coutinho, 1980).

Este arcabouço tectônico viria condicionar o surgimento a partir do Plioceno de uma restrita bacia sedimentar, Bacia de São Paulo, associada às reativações dos antigos falhamentos e conduzindo a paleo-drenagem a condições de difícil escoamento. A colmatagem da bacia se deu na medida em que se processava a reativação das falhas (Almeida, 1955).

O corpo principal da bacia tem traçado irregular e ameboide em todo o lado sul, mas seu contato norte é retilíneo (N 60 E), coincidindo com a falha transcorrente de Taxaquara-Jaguari, que separa o Grupo São Roque dos augen

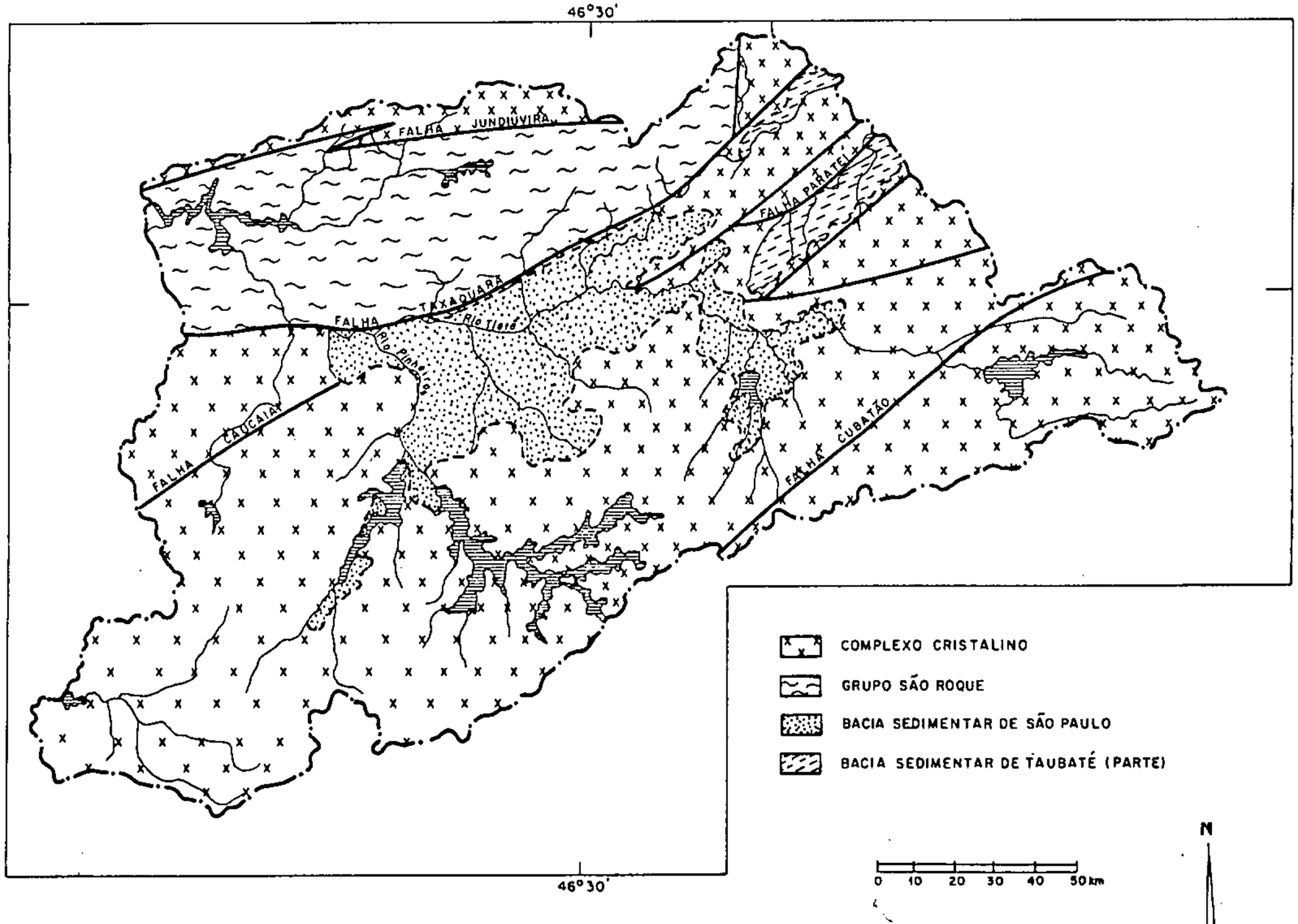


FIG. 2 – ESBOÇO GEOLÓGICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

PROJETO DIRETRIZES PARA A MINERAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

CPRM

SECDES-CPRM-SUREG/SP

DES. Nº 014/03/85

gnaisses do Complexo Cristalino, evidência do controle tectônico da bacia. (Coutinho, 1980).

Os principais formadores desta bacia sedimentar são o Rio Tietê e seus afluentes, tais como o Pinheiros, Baquirivu-Guaçu, Jundiaí e outros, os quais, provavelmente, mantinham ao início da sedimentação o mesmo rumo atual (Ab-Sáber, 1957). Cessados os principais movimentos que deram origem à bacia, já no Pleistoceno, a drenagem retomou a ação erosiva, esculpindo largos vales e se encaixando nos sedimentos que ajudaram a depositar (Ab-Sáber, 1980). Ao final do processo de esculturação, surgiram largas planícies aluviais e um relêvo de suaves colinas de pequenas amplitudes, que são uma característica topográfica da Bacia. Os sedimentos da Bacia estão divididos em duas formações além dos aluviões recentes holocênicos. A considerada mais antiga, de idade controversa, admitida mais comumente como pliocênica, é a Formação São Paulo, constituída por argilas, siltes e areias argilosas, com raras ocorrências de areias grossas e cascalhos (Suguio, 1980). Os sedimentos, mineralogicamente imaturos, são pobres em estruturas primárias, apresentando incipiente estratificação plano-paralela horizontal, estratificações gradativas, pelotas de argilas, diques clásticos dentro das argilas e raras extratificações cruzadas. As estruturas secundárias mais notáveis são as concreções limoníticas (Suguio & Barbour, 1969; Suguio, 1971; Suguio, 1980).O ambiente admitido para a deposição dos sedimentos é o fluvial sob clima semi-árido, de material previamente intemperizado sob clima úmido (Coutinho, 1980; Suguio, 1980).

A idade dos sedimentos pode ser apenas inferida por correlação com outros depósitos cenozóicos de idades igualmente duvidosas (Suguio, 1980). São considerados praticamente afossilíferos, já que foram encontrados apenas fragmentos de vegetais incarbonizados não identificados e

não datáveis (Mezzalira, 1950; Melo & Ponçano, 1983). A idade pliocênica tem sido aceita pela maioria dos autores, tese esta que tem encontrado apoio nos estudos mais recentes, os quais enquadram a Bacia de São Paulo no arcabouço tectônico cenozóico do Sudeste brasileiro (Suguio, 1980; Almeida, 1976; Asmus & Ferrari, 1978).

A segunda formação descrita na Bacia é a Formação Itaquaquecetuba, cujos sedimentos eram anteriormente designados por "aluviões antigos" do Rio Tietê e Pinheiros. Ela é formada por extensas e contínuas faixas de aluviões mais antigos que os depósitos atuais desses rios e considerados mais novos que os da Formação São Paulo (Suguio, 1980). São constituídos por areia grossa e conglomerática subarcoseana a arcoseana, distribuída em bancos de estratos, canais com estruturas de corte e preenchimento, que podem apresentar ainda estratificações gradacionais e pelotas de argila (Suguio & Takahashi, 1970; Suguio et alii, 1971). Esses aluviões, datados pelo método do radiocarbono em amostras de troncos "linhitificados" apresentaram idades mínimas em torno de 44.000 anos (Bigarella, 1971; Suguio, 1971) admitindo-se que a idade máxima não seria superior a 50.000 anos, o que situaria estes aluviões no final do Pleistoceno. (Suguio, 1980).

Na porção Leste da Região Metropolitana, limitada a Norte pela falha do Parateí e a Sul pelos flancos da Serra do Itapeti estende-se a porção terminal dos sedimentos da Bacia de Taubaté. Tais depósitos, correlacionáveis litologicamente aos da Formação São Paulo, foram identificados como pertencentes aos da Formação Caçapava. (Carneiro,1976) Estão separados da Bacia de São Paulo por um alto topográfico na altura de Arujá-Itaquaquecetuba e seus mais altos sedimentos (720 m, Titarelli, 1975) estão cerca de 100 m abaixo da cota mais alta da Formação São Paulo (830 m). Os sedimentos da Formação Caçapava desta porção foram informalmente divididos em tres sub-unidades (Coimbra et alii,anexo

III). Um membro inferior, constituído por areias de granulação média a grosseira, contendo intercalações conglomeráticas e bolas de argila até decimétricas. Seus níveis argilosos são pouco espessos e lenticulares, sendo comum a presença de troncos vegetais incarbonizados e marcassitizados. Um membro médio, constituído por lamitos arenosos e conglomeráticos, principalmente nas proximidades da Falha do Parateí. Intercalados aos lamitos aparecem níveis arenosos e conglomeráticos maciços, associados possivelmente, a pulsações singenéticas da Falha do Parateí. O membro superior é constituído por bancos de arenitos de granulação fina a média com estratificação plano-paralela ou maciça, e raros leitos conglomeráticos, associados a camadas argilosas.

A coluna estratigráfica para a Região Metropolitana, de maneira muito simplificada, tem sido considerada da maneira mostrada no quadro II.

A gênese e a posição estratigráfica de todos esses depósitos sedimentares, tal como se depreende do exposto acima é assunto ainda controvertido. Muitas interpretações partiram de observações pontuais e limitadas, já que um estudo sistemático e abrangente ainda está por ser realizado. Alguns estudos muito recentes (Melo, 1984; Coimbra et alii, 1985) começam a levantar restrições quanto à posição relativa dos depósitos da Formação São Paulo, Formação Itaquaquecetuba e mesmo quanto a uma pretérita ligação entre as Bacias de São Paulo e Taubaté, tal como já aceita anteriormente pelos primeiros autores que estudaram a região (Maull, 1930; Moraes Rego, 1933 e 1943, etc.).

A equipe deste Projeto considera que os dados de campo ainda são insuficientes e pouco estudados para que se possa chegar a uma solução e propõe seu estudo e discussão pelos pesquisadores interessados.

Melo (1984) discute a idade dos sedimentos da Formação Itaquaquecetuba, colocando em dúvida sua deposição no

CPRM

QUADRO II - COLUNA ESTRATIGRÁFICA SUMÁRIA DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

ERAS	PERÍODOS	ÉPOCAS	UNIDADES	LITOLOGIAS
Cenozóica	Quaternário	Holoceno	Aluviões Recentes	silte argiloso com matéria orgânica e lentes de areia fina. (1)
		Pleistoceno	Formação Itaquaquecetuba	areias grossas e níveis de cascalho com raras intercalações de argila orgânica, troncos incarbonizados, silicificados e /ou marcassitizados. (1)
	Terciário	Plioceno (plio-pleistoceno?)	Formação São Paulo (Bacia S. Paulo) e Formação Caçapava (Bacia Taubaté)	Argilas, siltes e areias argilosas finas e localmente com ocorrências de cascalhos e areias grossas na base do depósito. (1)
Mesozóica	Cretáceo			rochas básicas; diabásio e lamprófiro (2)
Paleozóica	Pré-Cambriano		Grupo São Roque	milonito, filonito, xisto milonítico, gnaisse milonítico. (2)
				filito, metassiltito, granito, micaxisto, anfibolito, quartzito, meta-arenito. (2)
			Complexo Cristalino	micaxisto (a meta-arenito de médio grau), granito, gnaisse, migmatito (ao sul) (2)

Obs: (1) Suguio (1980)

(2) Coutinho (1979)

Pleistoceno. Segundo o autor, a idade admitida para a formação é baseada em argumentos precários, com datações C14 indicando idade superior a 40.000 anos, além do limite do método e localização ao longo do leito atual dos rios fazendo pensar em aluviões recentes. Além disso, as tabelas apresentadas por Suguio & Mussa (1978) mostram fósseis com idade do Cretáceo ao Plioceno, sendo as de Itaquaquecetuba as únicas atribuídas ao Pleistoceno. Acresce ainda que o estudo paleomagnético em camada argilosa do topo da formação mostrou polaridade nitidamente inversa e a inferior medidas aleatórias. A polaridade inversa indica uma idade superior à do limite Bruhnes-Matuyama, ou seja, maior que 730.000 anos. Melo (1984) conclui que os dados palinológicos (Eoceno superior) e paleomagnéticos concordam numa idade superior àquela atribuida até agora e não são conclusivamente refutados pelos argumentos usados para atribuir uma idade pleistocênica.

Depreende-se do exposto acima que permanecem obscuras ou desconhecidas diversas questões que devem ser solucionadas de maneira a permitir um melhor dimensionamento dos depósitos e a determinação de sua potencialidade como fornecedores de areia para construção civil. De maneira suscinta, os principais problemas que permanecem em aberto nos estudos da Bacia de São Paulo são os seguintes, conforme Leinz (1980) e a equipe do Projeto:

1) Determinação da idade absoluta tanto das camadas inferiores (terciárias) como superiores (quaternária).

2) Discriminação dos movimentos tectônicos pré, sin e pós sedimentares e sua distinção dos movimentos de acomodação.

3) Isobatas do substrato cristalino na área da bacia sedimentar.

4) Paleogeografia da bacia em épocas específicas de seu preenchimento (microfósseis).

5) Caracterização faciológica dos sedimentos das áreas da Bacia de São Paulo e Taubaté e coberturas mais jovens.

6) Comportamento espacial das fácies sedimentares e sua associação dentro do contexto evolutivo tectono-sedimentar da região.

7) Correlação entre as Bacias de São Paulo e Taubaté.

8) Datação absoluta dos eventos tectônicos e sedimentares que afetaram a região.

9) Caracterização textural e mineralógica dos sedimentos e de sua potencialidade como recursos minerais.

6.2 - Tipos de ocorrências de areia na Região Metropolitana de São Paulo

6.2.1 - Sedimentos ativos em leitos de rios

Os sedimentos ativos, transportados por rios atuais, representam uma parcela muito pequena dos depósitos minerados na Região Metropolitana de São Paulo. Os maiores rios da região (Pinheiros e Tietê) estão com seus cursos retificados em grande parte, e o Pinheiros tem seu sentido de corrente invertido por barragens e estações de bombeamento, fazendo com que o conjunto tenha pequena capacidade de transporte, a não ser em épocas de enchente. Ambos os rios são continuamente dragados. Em alguns casos o material retirado é aproveitado para construção e em outros apenas para aterro. Foi observada lavra de areia no leito do rio Paraíba do Sul na área de Guararema.

6.2.2 - Areias de aluviões recentes

Na Região Metropolitana ocorrem e são lavradas

areias de aluviões recentes, depositadas geralmente em paleovales, como na área do rio Parateí, os quais se encontram imediatamente abaixo das várzeas atuais. São depósitos de areias inconsolidadas, com raros leitos conglomeráticos e com lentes de argila. Em alguns casos ocorrem restos de troncos vegetais, que dificultam os trabalhos de desmonte. São cobertos por argilas e turfas, geralmente de espessura inferior a 5 metros.

6.2.3 - Areias de aluviões antigos

Os aluviões antigos dos rios Pinheiros e Tietê foram durante muito tempo os maiores fornecedores de areia da Região Metropolitana, sendo ainda muito minerados, embora parte dos jazimentos tenha se esgotado e grande parte inviabilizados pela urbanização ou pela destinação da área para o Parque Ecológico do Tietê. Sua posição estratigráfica e mesmo a forma geométrica são controversas. O que é possível observar nas cavas de Itaquaquecetuba, (Coimbra et alii, 1983; Almeida et alii, 1984), e o que foi relatado sobre as cavas de Carapicuíba e da Cidade Universitária, atualmente submersas (Suguio et alii, 1971), é que existe um depósito arenoso imediatamente abaixo de argilas recentes. Sua espessura é variável de zero a mais de cinquenta metros, devido à irregularidade do embasamento. São compostos de areias geralmente de médias a grossas, com estratificações cruzadas, com poucas lentes argilosas intercaladas, apresentando em alguns casos troncos incarbonizados ou silicificados e sulfetos, os quais expostos ao ar oxidam-se e hidratam-se, gerando sulfatos e ácidos. Os depósitos são controlados por soleiras regionais, como a de Barueri, e por pequenas soleiras locais, como as que podem ser observadas no depósito de Itaquaquecetuba, as quais chegam a aflorar em alguns pontos.

Em muitos portos de areia observados na Região Metropolitana de São Paulo, em áreas da Bacia de São Paulo e da Bacia de Taubaté, ocorrem espessos depósitos arenosos

com características de deposição semelhantes aos de Itaquaquecetuba. É o caso dos depósitos da Mineração Itaquareia em Itapeti e o da Mineração Lopes, em Jundiapeba, Mogi das Cruzes. Há também semelhança entre aqueles depósitos e os atribuídos à parte inferior da Formação São Paulo. São necessários trabalhos de geologia para fixar as relações entre as duas bacias e entre as formações que as compoem para que se possa prever as áreas de maior ocorrência de areia e planejar os trabalhos de subsuperfície.

6.2.4 - Areias de formações atribuídas ao Terciário

As formações Caçapava (da Bacia de Taubaté) e São Paulo (da Bacia de São Paulo) são constituídas de camadas ou lentes intercaladas de sedimentos com predominância arenosa ou com predominância argilosa, em geral horizontalizados, cobertos por um nível mais argiloso, de origem pedogenética. A alternância entre os níveis mais e menos arenosos, e sua pouca continuidade lateral tornam estes depósitos de difícil pesquisa e lavra. Mesmo as camadas mais arenosas contêm alguma argila disseminada e as camadas argilosas contêm areia, sendo a lavra efetuada por desmonte não seletivo de todo o pacote, e a separação de areia por sucessivas lavagens, num processo oneroso, lento e gerador de grande volume de rejeitos.

6.2.5 - Areias de alteração de rochas cristalinas

São lavradas areias derivadas da decomposição de rochas cristalinas pré-cambrianas, geralmente granitos, gnaisses e quatzitos. Os níveis mais e menos arenosos acompanham os planos estruturais das rochas geradoras, geralmente de alto mergulho. O material lavrado tem frequentemente alto teor de impurezas, constituídas de argila, silte,areia fina e mica. Mesmo a areia grossa contém fragmentos de feldspatos em alteração. Os depósitos são muito heterogêneos, variando extremamente a espessura das camadas areno

sas, além delas acompanharem planos de xistosidade dobrados e afetados por falhamentos. Isto torna sua pesquisa a mais complexa e cara de todos os tipos de ocorrência da Região Metropolitana, além de dificultar a lavra. Esta só é efetuada nos locais onde há grande demanda de areia, pequena ocorrência de areia de origem sedimentar e dificuldade de transporte daquela produzida em melhores condições, o que propicia preços que compensem o maior custo de extração. Em alguns casos de jazidas de alteração de rocha é feita lavra mista, com aproveitamento de areia e saibro, para argamassa, ou de areia e caulim.

7 - METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DE JAZIMENTOS DE AREIA

7.1 - Introdução

Os jazimentos de areia, por sua relativa abundância e pela ausência de exigências legais efetivamente fiscalizadas, são em geral pesquisados de maneira insuficiente para um planejamento de lavra eficiente. O máximo que foi observado na região é um reconhecimento de superfície sumário, complementado por pequeno número de sondagens, na maioria dos casos sem o acompanhamento de profissional habilitado. Por isto, as observações de campo na Região Metropolitana oferecem poucas informações para a escolha da metodologia mais adequada para a pesquisa. Os dados foram extraídos de publicações estrangeiras e da experiência nacional no estudo de áreas de empréstimo para obras de construção civil (estradas e barragens) e de pesquisa de jazimentos de areia industrial, que empregam melhores técnicas de trabalho. Foram efetuadas experiências de campo, no âmbito do projeto, pela equipe do IPT, com verbas do PRÓ-MINÉRIO. A demora da negociação e da liberação destas verbas obrigou ao início dos trabalhos de sondagem, geofísica, amostragem e ensaios de laboratório apenas em novembro de 1984 e a emissão dos relatórios do IPT apenas a 15/03/85.

7.2 - Levantamento geológico de superfície

O levantamento geológico de superfície para avaliação de jazidas de areia é iniciado com a coleta de todas as informações geológicas disponíveis sobre a área, incluindo bibliografia, mapas, resultados de sondagem e análises, fotos e imagens de radar. Prepara-se um mapa de compilação de dados, a uma escala aproximadamente duas vezes maior que a da apresentação, onde são lançadas as informações à medida em que se vai fazendo a interpretação de fotos e imagens e compilando os dados levantados. Sobre esta carta prelimi

nar são planejados os trabalhos de campo, com perfis de caminhamento cortando as principais estruturas e formações, mais adensados nas regiões de menor informação ou de dados controversos. São efetuados perfis colunares nos afloramentos naturais e artificiais disponíveis, aproveitando especialmente os portos de areia. Nos casos em que existem muito poucos afloramentos são efetuadas sondagens de reconhecimento. Terminado o levantamento de campo é montado o mapa definitivo, contendo os limites das unidades geológicas nas quais ocorre areia lavrável, geologia simplificada das rochas do embasamento (visando detectar controle dos sedimentos pelas rochas das áreas fontes) e esboço estrutural suficiente para detectar e explicar alterações na topografia do embasamento que condicionem a deposição das camadas arenosas.

No estágio atual dos conhecimentos sobre a geologia da Região Metropolitana de São Paulo a escala do levantamento geológico deverá ser de 1:50.000, para cumprir os objetivos do levantamento de recursos de areia a nível regional (estágio A de Berton & Primel, 1981).

7.3 - Amostragem

A técnica de amostragem a empregar para o estudo de jazimentos de areia depende dos seguintes fatores: tipo de jazimento a estudar, informações que se necessita coletar, estágio de estudo em realização, custo admissível para a atividade e equipamento disponível.

A quantidade de amostras, e o volume amostrado, dependem da homogeneidade do jazimento. Nos jazimentos que ocorrem na Região Metropolitana de São Paulo a heterogeneidade é crescente dos aluviões modernos para os antigos, daí para os sedimentos terciários e os derivados da alteração de rochas cristalinas. Para o mesmo nível de estudo a quantidade de amostras deve crescer ao aumentar a heterogeneida

de do jazimento. Para manter as amostras em um número economicamente viável é interessante adaptar o método de avaliação usando as medidas em superfície apresentado por Primel (1969). Consiste em avaliar numa parede de afloramento as áreas de exposição dos diversos tipos de sedimentos, ou das frações de cascalhos e blocos, difíceis de processar mecanicamente. Faz-se a amostragem estruturada por tipo de sedimento, processam-se as amostras independentemente e a distribuição granulométrica (ou outro parâmetro) final será calculada atribuindo-se aos resultados individuais, derivados de cada camada ou lente, pesos proporcionais à sua espessura, ou no caso de lentes irregulares, à sua expressão em área na parede do afloramento. No caso de camadas de espessura uniforme, basta uma amostra de canal, obtida raspando-se a parede do afloramento, de alto a baixo do pacote a estudar, que será processada sem separação das camadas.

As amostras coletadas devem ser suficientes para as informações que se pretende obter. A quantidade de amostras a coletar para a determinação das frações finas é muito menor que para um estudo sedimentológico completo, principalmente onde existem seixos e blocos, pois alguns blocos e mais ou a menos podem afetar muito os parâmetros granulométricos e as proporções mineralógicas. A amostragem de produtos acabados, como a efetuada pelo IPT (1982) exige menores quantidades de amostras que a amostragem dos jazimentos in situ. Quanto maior a escala de levantamento, e mais estritas as especificações do material a procurar, maiores e mais numerosas amostras são necessárias.

O custo da amostragem obriga à procura de métodos mais baratos, principalmente nas fases iniciais de estudo, quando devem ser coletadas muitas amostras, mesmo em áreas que poderão vir a ser descartadas. Isto obriga a substituir amostras em trincheiras,de grande volume, por amostras em sondagens, de pequeno volume, ou em calhas cavadas manualmente nos afloramentos. Em qualquer caso, o método de amos

tragem e suas limitações devem ser expostas em relatório, para que não haja a impressão de alta precisão quando apenas está sendo efetuado um estudo de reconhecimento.

7.4 - Ensaios de laboratório

Os ensaios de laboratório previstos para a fase I do Projeto foram realizados apenas parcialmente, devido ao atraso da liberação de verbas pelo PRÓ-MINÉRIO. Assim sendo, este ítem fica baseado principalmente na compilação das informações obtidas na bibliografia (Berton & Primel, 1981 e IPT, 1982) e de discussões entre a equipe do Projeto, o consultor e os técnicos do IPT que executaram as análises previstas para esta fase, cujos resultados foram apresentados em relatório do IPT ao PRÓ-MINÉRIO em março de 1985 (IPT 21980). Os ensaios dividem-se em três grupos, conforme determinem características granulométricas e geométricas, composição e propriedades físicas e mecânicas.

7.4.1 - Ensaios granulométricos e medidas geométricas

Os ensaios granulométricos mais comuns são efetuados por peneiramento. O IPT (1982, 1985), utilizou peneiras conforme a norma MB 7/39, com aberturas de 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3 e 0,15 mm, para avaliação dos produtos de portos de areia, apresentando os resultados em tabelas e calculando o módulo de finura. Berton & Primel (1981) declaram serem usadas na França peneiras com aberturas de 50 micra a 100 mm, havendo problemas na fração acima de 20 mm, devido à grande quantidade de material necessário para a obtenção de resultados significativos. As frações muito grandes (acima de 100 mm) necessitam de um pré-processamento no campo, com enormes quantidades de amostras ou de trabalhos de avaliação com medida dos seixos e blocos nas paredes de afloramentos, conforme Primel (1969). Havendo interesse em se conhecer a distribuição granulométrica dos finos, esta

é determinada por pipetagem, densimetria ou medida de turvamento da água por processos eletrônicos.

Em alguns casos são utilizadas as medidas dos fragmentos (principalmente seixos e blocos), tais como diâmetros, forma, orientação, e textura superficial dos grãos tanto para verificação da aplicação recomendada dos materiais quanto para estudos sedimentológicos.

7.4.2 - Composição dos sedimentos

A composição mineralógica e petrográfica dos grãos é verificada, anotando-se a presença de matéria orgânica e sua origem (animal ou vegetal) e estado de alteração. É estudada a alteração dos fragmentos minerais, presença de substâncias nocivas e a aptidão para reações com os álcalis do cimento e outras, conforme a aplicação. O IPT (1982, 1985), classifica 4 tipos de minerais identificados nos ensaios de apreciação mineralógica e petrográfica de areia:

- inóquos: formando grãos resistentes química e fisicamente: quartzo, feldspatos sãos, alguns piroxênios e anfibólios, turmalinas e fragmentos de rochas sãs.
- deletérios: instáveis quimicamente, de vários tipos: os que reagem com os álcalis dos cimentos, tais como calcedônia, opala; sulfetos de ferro, que em presença da umidade originam expansões e manchas; argilas expansivas em presença de umidade, que podem comprometer a aparência ou a resistência das estruturas elaboradas com a areia que as contém.
- potencialmente deletérios: constituída por grãos, como os de quartzito, que podem ou não reagir com os cimentos, dependendo do grau de

metamorfismo e provavelmente do grau de alteração dos fragmentos.

- friáveis: grãos de baixa resistência mecânica, compreendendo feldspatos alterados, micas, fragmentos orgânicos e torrões de argila.

Outros ensaios ligados à composição podem ser efetuados, como a identificação de fragmentos orgânicos e pólens contidos nas areias para estudos palinológicos e estratigráficos.

7.4.3 - Características físicas e mecânicas

As características físicas e mecânicas são geralmente medidas apenas no produto acabado, e não no material em bruto. As propriedades físicas determinadas são as seguintes: massa específica, massa unitária (influenciada pela massa específica, volume de vazios e forma dos grãos), absorção de água, dilatação térmica e permeabilidade. A resistência mecânica pode ser determinada por ensaio de esmagamento, comparação de corpos de prova de concretos contendo as areias em estudo, quantificação de grãos friáveis.

7.4.4 - Serviços de amostragem e ensaio efetuados pelo IPT para o Projeto

O IPT (1985) efetuou amostragem estratificada (21 amostras) em um perfil no Porto Bengala, dentro da área piloto (folha 541, anexo II), com a coleta de 21 amostras, sendo ensaiadas as 13 amostras com predominância arenosa, sendo efetuada apreciação mineralógica, análise granulométrica, avaliação de impurezas orgânicas e teor de material pulverulento (total de 52 ensaios). Na opinião do coordenador técnico do projeto tais ensaios não permitiram a avaliação das propriedades da jazida, principalmente da granulometria média, pois os ensaios foram realizados sobre material selecionado (as 13 amostras mais arenosas) e previamente bene

ficiado, por lavagem para remoção de finos aderentes aos grãos. Como a técnica utilizada na quase totalidade dos casos na RMSP para lavra de areia é o desmonte hidráulico de todo o pacote, para que se possa conhecer a potencialidade de uma jazida todo o material amostrado deve ser ensaiado. Só assim é possível projetar o equipamento e método de beneficiamento e avaliar sua economicidade.

7.5 - Sondagens

A escolha das sondagens é guiada por dois grupos de fatores: o primeiro é ligado às informações a obter pela sondagem, que variam da indicação aproximada das mudanças de materiais, passando pela indicação precisa das mudanças e chegando à amostragem, que pode indicar apenas os tipos de materiais atravessados, ou ser representativa, que possibilita serem as amostras utilizadas para testes de granulometria e composição com resultados semelhantes a amostras tomadas em superfície; o segundo fator é ligado ao porte do equipamento de sondagem, ao tempo gasto no serviço e, como síntese, ao custo da perfuração e amostragem. Como regra geral, para maior amostra e maior confiabilidade nas determinações dos materiais atravessados são necessárias sondas maiores, e de operação mais cara. Os tipos de sondagem aqui comentados serão apresentados em ordem crescente de capacidade e custo e resumidos no quadro III, juntamente com os métodos geofísicos.

7.5.1 - Sondagem a trado

A sondagem a trado do tipo concha apresenta bons resultados em solos com alguma coesão, acima do nível d'água. Se o solo apresenta coesão muito pequena há desabamento das paredes do furo, com contaminação do fundo, além de dificuldades de retenção do material na concha. Abaixo do nível d'água geralmente o material não é retido. Os trados espirais de pequeno diâmetro apresentam problemas seme

lhantes aos de concha, agravados no caso do material pouco coesivo. Para todos os tipos de trado a ocorrência de materiais grosseiros (de cascalhos a blocos) apresenta problemas por dificultar a penetração e devido à capacidade do trado recuperar o material ser limitada ao tamanho máximo da abertura da concha ou da espiral. Mesmo com estas limitações os trados são os equipamentos mais usados para o estudo de jazimentos de areia, em furos rasos, acima do nível d'água, com diâmetros adequados à granulometria do material estudado, sendo também utilizados para os primeiros metros das sondagens a percussão.

O porte dos equipamentos varia dos trados espirais de 1" de diâmetro, acionamento manual e comprimento máximo de 10 m a trados motorizados de 1 m de diâmetro, e dezenas de metros de comprimento, capazes de perfurar sedimentos com blocos de 20 cm.

Durante esta fase do projeto foram utilizados trados de concha para a perfuração dos primeiros metros dos furos de teste, acima do nível d'água, com bons resultados apresentados no relatório do IPT (1985).

Para a fase de levantamento sistemático, em 1985, foi proposta utilização de trados manuais e mecânicos, de pequeno diâmetro, em furos independentes de pequena profundidade e como auxiliares em sondagens a percussão.

O custo dos furos a trado pequenos são quase totalmente devidos ao pagamento do pessoal, transporte e manutenção do equipamento, de baixo custo. Os furos independentes de pequeno diâmetro podem ser efetuados por uma equipe de 3 operadores, com um deles habilitado a fazer reconhecimento visual dos materiais, coleta de amostras e anotação. Isto leva a um custo aproximado de 0,5 ORTN por metro, transporte não incluído. Não foram obtidos dados de produção e custo para furos de trados de grande diâmetro, motorizados. Para furos de trado motorizado de pequeno diâmetro

os custos são semelhantes aos do manual, pois o consumo de combustível e equipamento é muito pequeno, compensado pelo aumento na velocidade de perfuração.

7.5.2 - Sondagem com martelo pneumático

Foi sugerida a utilização de martelo pneumático para abertura de furos, com amostragem da lama e determinação exata das passagens de materiais através de perfilagem geofísica do furo. Este método é utilizado em rochas duras, mas não foram encontradas informações concretas sobre sua utilização para sedimentos inconsolidados, podendo haver problemas de fechamento do furo ou prisão do equipamento em camadas argilosas. O custo é baixo (1 ORTN/m, mais 0,15 ORTNs para perfilagem), com alta produção (50 m/dia, com equipe de 4 homens). Sugere-se que o processo seja testado.

7.5.3 - Sondagem a percussão manual

As sondagens a percussão manual são geralmente utilizadas em Geologia de Engenharia para execução de ensaios de fundações e materiais de empréstimo, com testes de penetração (SPT). Para cada metro perfurado é retirada uma amostra com um amostrador introduzido no solo por percussão, sendo o número de golpes necessário para a introdução do amostrador um indicador da rigidez do terreno. O avanço é feito por lavagem com jato d'água, trado ou pela penetração do amostrador ou de tubos com válvula (bombas de areia), também utilizados para amostrar terrenos inconsolidados sem percussão. Os furos são geralmente revestidos até próximo do fundo, para evitar contaminação das amostras e desabamento das paredes do furo. A água de lavagem conduz os fragmentos de solo e sedimentos para a boca do furo,onde podem ser amostrados.

Este processo e suas variantes são os mais utilizados para o estudo de jazimentos de areia no Brasil, tendo

sido feitos estudos bem conduzidos em Salvador (Kuck & Barreto, 1977) e na Mineração Jundu (informação verbal, estudo em andamento).

Dentro das atividades do projeto foram efetuados até o final de 1984 cinco furos de sonda a percussão manual, pela equipe do IPT, dentro da área piloto (IPT, 1985). Foram testadas técnicas de perfuração e amostragem dos tipos:

a) com perfuração a trado até o nível d'água e lavagem abaixo, dele, com amostragem de metro em metro;

b) com perfuração por lavagem em todo o furo, com amostragem do material de calha;

c) com lavagem e amostragem de calha separada por tipos de materiais;

d) avançando com amostrador, seguido pelo revestimento e lavagem do trecho já amostrado, em toda a extensão do furo. Os perfis e resultados detalhados são apresentados no relatório do IPT (Rel. IPT 21809).

Os resultados dos trabalhos de percussão manual para areia realizados pelo IPT para o Projeto, juntamente com a experiência de outros grupos que utilizaram o equipamento dão base para a fixação de um método de sondagem de reconhecimento para areia que reúne baixo custo e capacidade de obter boas informações:

a) iniciar o furo com trado concha;

b) ao chegar o nível d'água ou se houver perigo de desabamento das paredes do furo revestir com tubo de 4 polegadas;

c) avançar o furo com amostrador bipartido ou bomba de areia;

d) após cada amostragem baixar o revestimento

até a profundidade máxima amostrada e lavar o interior do revestimento, mantendo controle do material de calha.

Desta maneira será possível obter uma coluna contínua de amostra, até aproximadamente 30 m, rapidamente (10 a 20 metros por dia) e a baixo custo (total do equipamento aproximadamente 500 ORTN, operado por equipe de 4 homens, sendo um deles habilitado como sondador). O custo de operação é de aproximadamente 1 ORTN/metro, sem contar custo de transporte, que pode ser efetuado por pick-up.

7.5.4 - Sondagem banka

A sondagem banka (Empire) é efetuada introduzindo por rotação ou percussão um revestimento de 4 a 8 polegadas e retirando o material amostrado por dentro do revestimento. Permite maior confiança na amostragem do que a sondagem a percussão manual, mas para grande volume de amostra o aumento de custo é muito grande. Para 4 polegadas de diâmetro o custo por metro é aproximadamente o dobro do da percussão, utilizando uma equipe de 8 operários. O equipamento custa cerca de 800 ORTN.

7.5.5 - Sondagem banka motorizada

Existe no mercado um tipo de sonda a percussão motorizada pequena (até 8 polegadas), com mesa rotativa hidráulica para operação do revestimento, que atua de forma semelhante à da sonda banka, com grande economia de tempo e pessoal (segundo os fabricantes). Seu preço é bem mais caro que o da banka (aproximadamente 1 200 ORTN para a sonda e 2 000 ORTN para a mesa rotativa), mas o aumento de eficiência alegado é tão grande que merece ser experimentada no caso de ser previsto grande número de furos e houver disponibilidade de recursos.

7.5.6 - Sonda a percussão motorizada, de grande diâmetro

Para o estudo de áreas de empréstimo para grandes obras de engenharia é utilizada, em muitos casos, sonda a percussão motorizada, de grande diâmetro (8 a 16 polegadas no Brasil, até 1 metro na França), que permite coleta de grande quantidade de amostra, utilizada para ensaios mecânicos e de beneficiamento. É recomendada para trabalhos de detalhe. O custo das máquinas é alto, e as empreiteiras cobram a partir de 4 ORTN por metro perfurado, para 8 polegadas de diâmetro.

7.5.7 - Sondagem rotativa

É o processo que permite maior controle no trabalho, obtendo qualquer tipo de amostra, deformada ou indeformada, alcançando as maiores profundidades. Seu custo é também o mais alto, e não se justifica para o estudo de reconhecimento de jazidas de areia. No caso de estudo de detalhe são usados em outros países sondas rotativas adaptadas, de grande diâmetro, para coleta de amostras de grande volume, com eficiência e custos semelhantes aos de sondas a percussão motorizadas (Cambefort, 1966).

7.5.8 - Escavação de poços e trincheiras

Em estudos de detalhe são cavados poços e trincheiras, manualmente ou utilizando o equipamento de lavra, com pequenas profundidades e coletando grande volume de amostras para ensaios tecnológicos (Berton & Primel,1981). Em outros países geralmente, estes estudos são efetuados pelos mineradores. No Brasil, são efetuados em áreas de empréstimo para obras civis, mas não existem informações sobre seu uso em portos de areia.

7.6 - Geofísica

7.6.1 - Introdução

Os métodos geofísicos são mais utilizados no Brasil para a pesquisa de jazidas de areia durante as campanhas de prospecção de materiais de construção para grandes obras de engenharia (barragens e estradas). Até agora não há registros de sua utilização em nosso país para o estudo de jazidas de areia para mineração normal (portos de areia), da maneira utilizada nos países mais desenvolvidos (Berton & Primel, 1981). Os métodos cuja utilização é geralmente recomendada são aqui apresentados, juntamente com um resumo resultados de pesquisa efetuada pelo IPT no âmbito do Projeto.

7.6.2 - Eletrorresistividade

As medidas de eletrorresistividade são efetuadas pelos processos:

a) sondagem elétrica: mantendo o ponto médio fixo, os eletrodos de corrente (A e B) e potencial (M e N) são deslocados para espaçamentos cada vez maiores conservando a relação $\overline{MN}$ menor que um quinto de $\overline{AB}$. Desta maneira é pesquisada a resistividade de camadas cada vez mais profundas, situadas imediatamente abaixo do ponto médio entre os eletrodos. Este processo permite a distinção entre a cobertura argilosa, camadas arenosas e embasamento rochoso, dependendo, para seu sucesso, do contraste de resistividade entre as camadas, o que depende da composição delas. A ocorrência de muitas lentes de argila, camadas intercaladas, ou sedimentos mal selecionados pode dificultar a interpretação da interface capeamento-areia. A ocorrência de matações e zonas alteradas no substrato rochoso dificulta a interpretação da

interface areia-embasamento.

b) caminhamento elétrico: mantendo a distância entre os eletrodos fixa, eles são deslocados conjuntamente para cada medição, fazendo desta forma o estudo de uma faixa contínua de profundidade fixa. Também pode ser efetuado o semi-caminhamento elétrico, que combina os procedimentos anteriores, com várias medidas em cada ponto de exploração e deslocamento do conjunto. Segundo Berton e Primel (1981) é o procedimento mais eficiente para jazidas de areia.

O custo das sondagens elétricas é de aproximadamente 5 ORTNs por sondagens, como o rendimento de 5 sondagens/dia por equipe; o caminhamento elétrico custa aproximadamente 1 ORTN por estação de leitura, com um rendimento aproximado de 20 estações/dia. Nestes custos não estão incluídos os de topografia.

Foram efetuadas experiências de métodos geosísicos no âmbito do Projeto pelo IPT, com recursos do PRÓ-MINÉRIO, as quais são detalhadas em relatório próprio (IPT, 1985, anexo II).

Compreenderam essas experiências:

a) 31 sondagens elétricas verticais com arranjo Schlumberger;

b) 02 perfis com caminhamento elétrico, em arranjo dipolo-dipolo (5 níveis), com distâncias $\overline{MN}$ de 10 a 20 m.

c) 10 sondagens eletromagnéticas, com a técnica Horizontal Loop, com 4 espaçamentos entre transmissor e receptor, com 5 frequências cada cabo.

d) 10 bases sísmicas de 110 m, para sísmica de refração.

Todas estas medidas foram efetuadas na parte sudeste da folha 541 do Sistema Cartográfico Metropolitano (área piloto), em região com jazidas de áreas derivadas de sedimentos areno-argilosos atribuídos ao Terciário (Formação Caçapava da Bacia de Taubaté) e de aluviões modernos.

Os resultados apresentados pelo IPT foram os seguintes:

a) Inicialmente as sondagens elétricas verticais foram calibradas comparando os resultados de furos de sondagens mecânicas (furos 1, 3 e 5), com os de três SEVs(09, 19 e 31) respectivamente) executadas no mesmos pontos.

Os valores usados para calibração foram:

Resistividades (ohm.m)	Correlação
50 - 2200	- Sedimentos superficiais
840 - 2600	- Sedimentos predominantemente arenosos
125 - 310	- Sedimentos predominantemente argilosos
13 - 64	- Rocha fraturada e/ou alterada

Foram englobados em uma mesma camada geoelétrica várias camadas litológicas, não detectáveis geoeletricamente devido à sua pequena espessura e ao pequeno contraste de resistividade entre seus constituintes. Foi considerado que existe uma correspondência entre o valor da resistividade dos estratos geoelétricos com a predominância de um determinado tipo litológico. Com estes valores de calibração foram interpretadas as outras sondagens elétricas e medidas obtidas no caminhamento elétrico, integrado em pseudo - seção elétrica, tendo sido declarado um erro de 20 a 30% no ajuste entre as SEVs e os resultados do caminhamento elétrico.

A partir dos resultados dos ensaios de sondagens elétricas verticais e caminhamento elétrico executados pelo IPT não é possível recomendar a utilização destes métodos para a pesquisa de jazidas de areia dos tipos encontrados na área testada (aluvião e colinas formadas de sedimentos com predominância arenosa ou argilosa, intercalados em lentes irregulares). Existem grandes diferenças entre os três modelos adotados para calibração, bem como entre os modelos geoelétricos e os resultados de sondagens mecânicas, a um nível que não justifica o custo adicional das medidas de eletrorresistividade.

Foram efetuados testes de sondagens eletromagnéticas, cujos resultados são apresentados no mesmo relatório (IPT, 1985), com resultados ainda menos informativos do que os de eletrorresistividade. A espessura mínima de camada detectada foi de 40 m, claramente insuficiente para a avaliação de depósitos de areia como os que ocorrem na área. A sondagem eletromagnética nº 3 foi efetuada no mesmo ponto da sondagem elétrica vertical nº 7, tendo a primeira indicado uma camada de material não especificado de 41,5 m de espessura, outra de 97,5 m e finalmente o embasamento. A SEV 7 indica para o mesmo ponto uma camada de material superficial (argila orgânica) de 4,5 m de espessura, uma camada de sedimentos predominantemente arenosos de 14,5 m, uma camada de material predominantemente argiloso de 58 m e depois embasamento de rocha fraturada ou alterada. A diferença entre estes resultados não foi explicitamente apresentada nem explicada no relatório citado. Daí pode-se concluir que também a sondagem eletromagnética não é adequada para a pesquisa de depósitos de areia como os estudados, os quais são muito semelhantes à maioria dos lavrados na RMSP.

7.6.3 - Perfilagem de furos de sondagem

Das medidas geofísicas efetuadas em furos de son

dagem durante a perfilagem as mais úteis para a pesquisa de jazimentos de areia são as de radioatividade espontânea (raios gama) e de eletrorresistividade, as quais,combinadas aos dados de velocidade de avanço da sonda e amostras de calha ou testemunho, permitem distinguir entre os diversos materiais atravessados. Em especial, a radiação gama permite boa discriminação entre camadas arenosas e argilosas.Por estas qualidades e pelo seu baixo custo (0,15 ORTNs por metro perfilado) é interessante efetuar a perfilagem em todos os furos, e principalmente naqueles não amostrados ou onde apenas foram coletadas amostras de calha.

7.6.4 - Sísmica de refração

A técnica de sísmica de refração emprega um sinal mecânico de grande intensidade, gerado por um explosivo ou uma fonte mecânica de impacto e recebido por geofones colocados a distâncias regularmente crescentes da fonte de sinal. A energia do sinal é transmitida de forma desigual pelos diferentes materiais, e a primeira chegada das ondas sísmicas aos geofones permite determinar a velocidade de propagação das ondas sísmicas nos materiais atravessados. Permite também definir os limites entre o capeamento, o depósito de areia e o embasamento, desde que haja suficiente contraste de velocidade de propagação nos materiais constituintes. O custo do levantamento é de aproximadamente 90 ORTNs por quilômetro de linha estudada.

As experiências de sísmica de refração efetuadas na linha 3 da área piloto indicaram para a rocha do embasamento cristalino velocidades de propagação das ondas sísmicas de 3,3 a 4,8 km/s (com erro admitido em torno de 10%), valores geralmente obtidos para rocha fraturada e/ou alterada. Segue-se um estrato sísmico intermediário, com velocidades variando de 1,0 a 1,9 km/s, correspondendo a sedimentos saturados e/ou compactos, terminando com um estrato superficial com velocidade de 0,35 a 0,65 km/s, atribuídos

a cobertura sedimentar aerada e aluviões inconsolidados. As profundidades indicadas pelo método sísmico para as interfaces entre estes estratos seguem aproximadamente as interfaces entre o capeamento argiloso, as camadas sedimentares e o embasamento indicados pelo método de eletrorresistividade.

7.6.5 - Perfilagem sísmica contínua de alta resolução e sonografia

Os métodos de sísmica contínua de alta resolução e sonografia são utilizados em áreas cobertas por água de 1,5 a 100 m de profundidade e espessuras de sedimentos de até 40 m, permitida a obtenção de perfis topográficos do fundo, perfis do topo rochoso, e espessura dos aluviões. Utilizam fontes sonoras de baixas e altas frequências (de 2 Hz a 100 KHz) e geofones especiais para trabalho em água doce ou salgada. A perfilagem sísmica contínua custa 25 ORTNs por quilômetro, permitindo a efetivação de 4 km de levantamento por dia. Sugere-se o teste desse equipamento caso seja necessário o levantamento em áreas submersas, como a barragem de Taiaçupeba.

7.7 - Comentário

Os resultados apresentados pelo IPT para as experiências de aplicação de métodos geofísicos para o estudo de jazimentos de areia parecem indicar que as condições geológicas dos jazimentos estudados (aluviões e sedimentos areno-argilosos), que são as predominantes na Região Metropolitana, não são propícias ao estudo por métodos geofísicos, principalmente devido a:

a) impureza do material: as camadas têm predominância de areia ou argila, mas geralmente uma percentagem não desprezível do componente minoritário, o que dificulta sua distinção, a

qual tem, não obstante, grande importância econômica.

b) grande número de camadas: camadas lenticulares, de pequena espessura e pequena persistência lateral, o que dificulta o processamento e interpretação de dados geofísicos.

c) estado de alteração e fraturamento do embasamento: que leva a problemas na definição de seu topo e na distinção entre rocha alterada e sedimentos compactados.

A não ser que novos métodos ou sistemáticas de trabalho sejam testadas com êxito não é recomendável a especificação de métodos geofísicos para o estudo de jazimentos de areia na Região Metropolitana de São Paulo.

7.8 - Metodologia recomendada

7.8.1 - Introdução

Combinando a experiência estrangeira, as observações, testes efetuados e métodos disponíveis na área, são os seguintes os métodos recomendados para os diversos níveis de estudo de jazimentos de areia na Região Metropolitana de São Paulo.

7.8.2 - Nível Regional

O nível regional corresponde, em nosso caso, a toda a Região Metropolitana. Os conhecimentos obtidos a este nível devem ser suficientes para a definição, à escala de 1:50.000, das unidades geológicas com potencial para a produção de areia, indicação aproximada da quantidade de areia existente em cada área e tipo de material predominante em cada jazimento, separando as áreas livres daquelas inviabilizadas por urbanização, outros tipos de ocupação e determinações legais.

Os estudos deverão empregar as seguintes técnicas:

a) compilação de informações existentes: dados de levantamentos anteriores, sondagens, situação em relação a direitos minerais, planejamento metropolitano, determinações legais,etc.

b) levantamento de superfície: empregando cartas e fotos aéreas com informações anteriores compiladas, atualizando os dados de ocupação do solo e observando todos os afloramentos naturais e artificiais. Os trabalhos deverão ser executados preferencialmente nas áreas sedimentares, procurando definir ambientes de sedimentação e suas relações com a deposição de areia.

c) sondagens: sondagens a percussão de pequeno diâmetro, em pequeno número, apenas para complementação de dados de espessura das formações arenosas.

d) amostragem e análises: também em pequeno número, para definição dos materiais predominantes em cada jazimento.

e) cruzamento de informações: técnicas e ambientais, definindo áreas com potencial para produção de areia e descartando as inviabilizadas.

7.8.3 - Nível Local

Para cada área definida como potencial nos estudos a nível regional deverão ser executados estudos para a definição, à escala de 1:25.000 e 1:10.000, dos setores preferenciais para lavra, com caracterização dos materiais,avaliação dos volumes, condições de lavra e definição da utilização das áreas após a lavra. Para que seja possível a definição destas últimas condições, deverão ser previamente estudados os processos de lavra e recuperação de terrenos com

jazidas com areia, adequados à Região Metropolitana. As técnicas a empregar serão:

a) estudo de superfície: detalhando setores dos jazimentos a 1:25.000.

b) sondagens: a uma densidade aproximada de uma para 5 hectares. Deverão ser de diâmetro suficiente para a coleta de amostras representativas para granulometria.

c) amostragem e análise: para caracterização dos tipos de materiais existentes e composição dos setores dos jazimentos.

d) geofísica: métodos elétricos e sísmicos: quando foram definidos métodos geofísicos eficientes para a utilização nas jazidas do tipo existente na região, estes deverão ser empregados para a obtenção de informações contínuas, ligando os pontos observados em superfície e por sondagens.

e) estudos de engenharia de minas: para definição de processos de lavra e recuperação dos terrenos.

Estes estudos deverão servir para complementação dos planos diretores municipais e definição de áreas a serem reservadas preferencialmente para a mineração.

7.8.4 - Nível de detalhe

Deverão ser executados para cada área a ser minerada, sob responsabilidade do minerador, preferencialmente com assistência de técnicos ligados aos organismos estatais de controle e incentivo à mineração, constituindo a base para a elaboração de planos de lavra e recuperação dos terrenos, que farão parte dos processos para titulação das áreas. A natureza dos estudos a serem realizados deve

rá variar conforme a área a ser fixada a partir dos resultados das pesquisas propostas para a fase IV deste Projeto.

QUADRO III = COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO

TIPO DE SONDAGEM		PROFUNDIDADE ALCANÇADA	EQUIPE (HOMENS)	PRODUÇÃO DIÁRIA	TRANSPORTE	TIPO DE AMOSTRA	AMOSTRADOR	REVESTIMENTO	FLUIDO DE PERFURAÇÃO	CUSTO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
MÉTODO GEOFÍSICO	SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL	até embasamento	4	5 SEV/dia	Pick-up	-	-	-	-	5 ORTN/sondagem	alcança maiores profundidades	resultados descontínuos
	CAMINHAMENTO ELÉTRICO	embasamento	4	1 km/dia 20 estações	Pick-up	-	-	-	-	1 ORTN/estação	resultados em perfil contínuo	exige grandes contrastes - calibração: SEV e perfilagem
	SÍSMICA DE REFRAÇÃO	embasamento	9	500 m/dia	Pick-up	-	-	-	-	90 ORTN/km	boa precisão perfil contínuo	alto custo - afetado por ruído - exige alto contraste
	PERFILAGEM SÍSMICA CONTÍNUA	100m de água 40m de sed.	6	4 km	barco	-	-	-	-	25 ORTN/km	perfis contínuos, a baixo custo	só funciona em terreno submerso
SONDAGEM DIRETA	TRADO MANUAL	até nível d'água (~10m)	3	10 a 20 m/dia	a pé, Pick-up	deformada total	trado espiral ou concha	sem	seco	0,5 ORTN/m	baixo custo, mobilidade	pequena velocidade e capacidade- não atua para areia abaixo do NA
	MARTELETE	30 m	4	50 m	caminhão	calha	-	sem	seco ou água	1 ORTN/m	baixo custo, alta velocidade	mais 0,15 ORTN/m para perfilagem - não amostra
	PERCUSSÃO MANUAL	30 m	4	10 a 20 m	Pick-up	calha, deformada e indeformada	trado, amostradores e bomba de areia	sim	água ou bentonita	1 ORTN/m	baixo custo, boa precisão na definição de camadas	pequena velocidade e profundidade
	PERCUSSÃO GRANDE DIÂMETRO (> 4")	150 m	4	variável	especial	calha e deformada	amostrador de válvula	sim	água	5 ORTN/m	amostra grande - alta velocidade	pequena precisão
	ROTATIVA	até 10.000m	variável	variável	de caminhão leve a especial	qualquer	qualquer	sim	água ou bentonita	variável (> 5 ORTN/m)	alta velocidade e precisão	alto custo

CPRM

8 - PROPOSTA PARA A CONTINUIDADE DO PROJETO

8.1 - Introdução

Na segunda quinzena do mês de novembro de 1984 foram realizadas reuniões de avaliação dos trabalhos do Projeto, envolvendo inicialmente a equipe e posteriormente supervisores e coordenadores representando todas as entidades envolvidas. Foram expostos e analisados os trabalhos realizados e os dados levantados até a data, confrontando-os com o planejamento original, apresentado no capítulo 4. Na última reunião, a 28 de novembro de 1984 foram aprovadas pelos participantes as seguintes conclusões:

a) Para o levantamento do potencial em areia no total da Região Metropolitana a 1:25.000 seriam necessários recursos muito grandes e muito maior tempo do que o destinado a esta atividade pelo planejamento original. São 66 folhas, que demandariam cada uma um custo mínimo de Cr$ 92.000.000, a preços de novembro de 1984, num prazo de 3 meses, para serem executadas por 2 geólogos por folha (totalizando 396 homens . mês), com sondagens a percussão de pequeno diâmetro em 10% da folha, com uma densidade média de uma sondagem para 5 hectares. Além de consumir recursos financeiros muito superiores aos disponíveis, esse trabalho causaria, caso não fosse reunida uma equipe muito grande de geólogos, um atraso nas outras atividades, que dependem do levantamento dos recursos para seu prosseguimento.

b) Alguns trabalhos, originariamente previstos para após o término da fase de levantamento de recursos, podem ser executados em paralelo a esta, permitindo obter mais rapidamente resultados necessários para o estabelecimento das

diretrizes. É o caso do estudo dos processos de lavra e recuperação de áreas mineradas e da viabilidade de lavra em relação ao uso do solo e a legislação nas áreas avaliadas.

c) Para que o Projeto atinja suas metas é necessária a integração das atividades num programa plurianual, com garantia de financiamento e manutenção da equipe básica fixa. Essa equipe deve ter condições para acumulação de experiência e para a execução do trabalho de forma flexível, adaptando-o às condições de cada área.

d) A equipe básica do Projeto deve participar dos trabalhos desenvolvidos pelas entidades participantes que se relacionem à mineração de areia, tais como mapeamento básico da Região Metropolitana, cadastro de mineração e serviços de fomento à produção mineral.

e) Considerando a grande importância dos conhecimentos geológicos para o levantamento de recursos minerais e a falta de um mapeamento geológico em escala adequada na Região Metropolitana, foi solicitado o empenho de todas as entidades participantes para a realização do mapeamento geológico básico da região a 1:50.000 e a participação da equipe do projeto, bem como dos outros usuários potenciais, na definição das folhas prioritárias para mapeamento.

8.2 - Proposta para 1985

A partir das conclusões acima e da metodologia testada durante a fase preliminar, foram propostas para 1985 duas linhas de trabalho simultâneas, que serão inte

gradas através da coordenação e da participação da equipe básica do projeto:

8.2.1 - Levantamento regional de recursos em areia

Foi proposto o levantamento dos recursos em areia para toda a Região Metropolitana de São Paulo, com apresentação dos resultados à escala de 1:50.000, conjugando os objetivos das fases II e III do planejamento original. Considerando o alto custo de levantamento em áreas com substrato de rochas pré-cambrianas bem como seu potencial relativamente menor, foi proposta a prioridade para as áreas sedimentares, e principalmente aluvionares. A sequência escolhida é a seguinte:

a) Levantamento em superfície, à escala de 1:50.000, das unidades geológicas com potencial para produção de areia, iniciando-se o trabalho em áreas sedimentares, em porções prioritárias definidas segundo o potencial de produção e a possibilidade de inviabilização dos recursos por interferência com outros usos do solo ou determinações legais.

b) Descarte de áreas com fatores óbvios de inviabilidade para a mineração de areia (urbanização densa, áreas de preservação).

c) Compilação de todas as informações disponíveis sobre as áreas, relacionadas à existência e aproveitamento dos recursos de areia.

d) Estudo de todos os afloramentos, cavas e portos de areia e dados de subsuperfície compilados,complementados por pequeno número de sondagens, apenas onde a densidade de informações for incompatível com a escala adotada.

e) Integração de dados, com indicação aproxima

da do potencial de areia na área detalhada.

Dada a controvérsia existente sobre a estratigrafia da bacia, e a importância de sua resolução para os trabalhos de levantamento, sugere-se uma etapa preliminar de levantamento, com um mês de duração, na qual seja efetuado um trabalho de compatibilização de idéias entre as equipes do Projeto, IPT, PRÓ-MINÉRIO e USP, bem como outras entidades que estejam no momento realizando trabalhos geológicos na área, para o estabelecimento de uma estratigrafia básica da Bacia de São Paulo e suas relações com a Bacia de Taubaté, fornecendo um arcabouço estratigráfico para os trabalhos de detalhe em realização pelas diversas entidades.

8.2.2 - Estudo de processos de lavra e recuperação

Foi proposta a realização durante 1985 dos estudos previstos como fase IV da proposta original do Projeto, referentes a processos de lavra de areia e recuperação de áreas mineradas e utilização dos resultados para a elaboração de normas de projeto e operação dessas minerações. Estas deverão ser utilizadas para julgamento dos planos de lavra e recuperação, como parte dos trabalhos de fomento e fiscalização da mineração de areia. Prevê-se a realização de trabalhos experimentais em lavras existentes ou em implantação, visando principalmente a fixação de técnicas de lavra planejada, com recuperação simultânea do terreno. O detalhamento destes estudos está sendo elaborado pelo IPT e será submetido ao PRÓ-MINÉRIO para financiamento.

8.3 - Finalização do Projeto

Estão previstas para 1986 as fases V (Estudos sobre abastecimento de areia) e VI (Estudos sobre os transporte de areia), bem como a finalização dos trabalhos previstos para 1985 caso tenham que ser executados em prazo maior que o previsto por falta de recursos financeiros.

Após a efetivação destas fases os resultados de todos os trabalhos deverão ser integrados na fase VII, resultando no estabelecimento de Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo, montando-se a partir das entidades participantes, um mecanismo de difusão e fiscalização das diretrizes, trabalho legislativo e apoio aos mineradores.

9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

9.1 - Conclusões

A partir dos trabalhos da fase I do Projeto Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo chegou-se às seguintes conclusões:

a) O abastecimento de areia para construção civil tem sido tratado, nos países de onde foi consultada a bibliografia, sob dois enfoques principais:

a.1 - garantia do abastecimento do recurso mineral, que se torna progressivamente escasso pelo uso e pela inviabilização de reservas por interferência com outros usos do solo. Procura-se garantir o abastecimento incluindo a mineração como uso provisório do solo, bloqueando as áreas com reservas até que tenham sido mineradas, liberando então as áreas para outros usos. Para possibilitar este planejamento são efetuados estudos em escala regional e local pelo poder público e são exigidos dos mineradores estudos de reservas e planos de lavra detalhados.

a.2 - problemas causados pela mineração de areia e outros agregados, tanto durante a lavra (poeira, barulho, pressão sobre meios e vias de transporte) quanto após seu término, pela degradação das áreas. Procura-se solucionar estes problemas pelo planejamento das atividades, fixando normas para mineração e recuperação das áreas, fiscalizando sua

aplicação e prestando assistência aos mineradores, procurando a participação da comunidade para possibilitar relações harmoniosas entre os usuários, os produtores e a sociedade como um todo.

b) O conhecimento geológico da Região Metropolitana de São Paulo é insuficiente para a orientação do planejamento minerário, havendo mapa geológico a 1:250.000 e litológico a 1:100.000, quando seria necessário mapa geológico a 1:50.000. Existem sérias discrepâncias entre a divisão estratigráfica tradicionalmente aceita para as bacias de São Paulo e Taubaté, e os novos trabalhos apoiados em datações radiométricas, palinológicas e observações de campo, exigindo um trabalho de compatibilização a nível regional antes do levantamento de recursos.

c) A compilação de informações geológicas, de mineração e titulação de áreas mostrou discrepância muito grandes entre os levantamentos anteriores, indicando a necessidade de um cadastramento de minerações conjugado ao trabalho de campo de levantamento dos recursos.

d) As areias ocorrem na área estudada como sedimentos ativos em leitos de rios, aluviões antigos (Formação Itaquaquecetuba) e recentes, formações areno-argilosas atribuídas ao Terciário (Formações São Paulo e Taubaté) e como produtos de alteração de rochas pré- cambrianas (granitos, gnaisses e quartzitos), em ordem crescente de complexidade dos depósitos.

e) Na Região Metropolitana de São Paulo a lavra de areia é feita, na imensa maioria dos casos, sem qualquer estudo técnico dos jazimentos ou

projeto de lavra e recuperação dos terrenos, resultando em lavra predatória, de baixo rendimento e causadora de problemas para o meio ambiente.

f) Os danos causados ao meio ambiente pela lavra de areia são principalmente o turvamento da água a jusante das lavras, o assoreamento dos cursos d'água e a degradação das áreas mineradas, resultando geralmente buracos e taludes íngremes inaproveitáveis para outros usos.

g) Os processos de investigação direta e indireta pesquisados nesta fase foram comparados e testados. A partir da experiência foram elaborados roteiros para levantamento de recursos de areia a nível regional (escalas até 1:50.000), local (1:25.000 a 1:10.000) e de detalhe.

h) O desenvolvimento do Projeto com equipe formada por técnicos pertencentes a sete entidades diferentes (DNPM, CPRM, PRÓ-MINÉRIO, EMPLASA, IPT, USP e CETESB) foi considerado positivo. Até agora trabalhos deste tipo vinham sendo feitos independentemente pelas diversas entidades, o que levava à dispersão de recursos e a resultados incompatíveis entre si, o que impossibilita a ação governamental coerente. O trabalho conjunto permite a troca de experiências desenvolvidas em áreas afins pelos participantes, o que possibilitará ao final do projeto a elaboração de diretrizes de mineração realistas, desde que seja garantida a acumulação e troca de experiências pela manutenção da equipe básica.

i) O financiamento do projeto através de proje

tos independentes do DNPM, SNM e PRÓ-MINÉRIO apresentou alguns problemas, como o atraso das atividades de sondagem, geofísica e laboratório pela demora de liberação de recursos pelo PRÓ-MINÉRIO.

j) A realização do levantamento de recursos de areia para toda a Região Metropolitana à escala de 1:25.000 tem custo proibitivo (cerca de 300.000 ORTNs), além de não existir uma base geológica em escala adequada. O levantamento a esta escala levaria a um atraso nas atividades das fases subsequentes do projeto. Nas condições atuais de recursos financeiros e conhecimento da geologia da região apenas é exequível o levantamento dos recursos de areia à escala de 1:50.000.

k) Algumas atividades das fases III e IV podem ser realizadas em paralelo ao levantamento de recursos, apressando a conclusão do Projeto.

9.2 - Recomendações

Considerando-se os resultados na fase preliminar do Projeto Diretrizes para a Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo recomenda-se:

a) As entidades participantes do Projeto devem se empenhar para que a Região Metropolitana de São Paulo seja incluída de forma prioritária no programa de mapeamento geológico do Estado a 1:50.000.

b) Durante o ano de 1985 devem ser efetuados:

b.1 - o levantamento dos recursos de areia à escala de 1:50.000 (regional), conjugado ao cadastramento de todas as infor

mações de superfície e subsuperfície referentes à ocorrência e aproveitamento dos jazimentos de areia na região. Este levantamento deve ser precedido de um trabalho conjunto com as equipes dos projetos de mapeamento que operam na região, com a duração de um mês, para a compatibilização da divisão estratigráfica e faciológica a ser adotada nos diversos levantamentos parciais.

b.2 - estudo das interferências entre a mineração de areia e outros usos do solo na Região Metropolitana.

b.3 - estudo de métodos de lavra e recuperação das áreas mineradas para areia.

c) A equipe básica do projeto deve ser mantida, com condições para acumulação de experiência e acompanhamento de todos os trabalhos que se realizem na região relacionados à areia, tais como mapeamento básico, cadastro de mineração e serviços de fomento da produção mineral.

d) Os trabalhos do projeto deverão ser integrados num Programa, com garantia de financiamento e orçamento plurianual, no qual sejam previstos todos os projetos parciais das entidades participantes que se relacionem à mineração de areia.

10 - BIBLIOGRAFIA

AB'SABER,A.N. - Geomorfologia do Sítio urbano de São Paulo. Tese de Doutoramento. Bol. Fac. Fil. Ci. Letr. Univ. São Paulo, São Paulo, 219:1-343, 1957. il. (Geografia 12).

AB'SABER,A.N. - O Quaternário na Bacia de São Paulo: estado atual dos conhecimentos, Geomorfologia, São Paulo, Instituto de Geografia, 8:1-14 1969.

ALMEIDA,F.F.M. de - As Camadas de São Paulo e a Tectônica da Serra da Cantareira. In: Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo. 1955 4(2):23-40.

ALMEIDA,F.F.M. de - Fundamentos geológicos do relevo paulista. Bol. Inst. Geogr. e Geol., São Paulo, 41:169-262. 1964.

ALMEIDA,F.F.M. de - The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. An. Acad. Bras. Ci., Rio de Janeiro, 1976, 48 (supl):15-26.

ALMEIDA,F.F.M. de et alii - Tectônica da Formação Itaquaquecetuba na Grande São Paulo IPT. 1984 Pré-print de trabalho submetido ao XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia (inédito).

ARMSTRONG,D.J. - Land Use and The Development of Mineral Resources in the Toronto Area Land Use Division Metropolitan Toronto Planing Board. Nov/1968, p.75-81.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Diretrizes para execução de Sondagens (2a. Tentativa). São Paulo, ABGE (Boletim 3) 24p. il. 1977.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE GEOLOGIA APLICADA - Diretrizes para execução de sondagens (1a. tentativa). São Paulo. 1971. 41p.

AVILA,I.G.; IWASA,O.Y.; PRANDINI,F.L.; FORNASARI FILHO, N.; PONÇANO,W.L. - Algumas Características Geológicas e Geotécnicas de Depósitos Coluvionares do Estado de São Pau

lo. Trabalho Apresentado no III Congresso de Geologia de Engenharia - Camboriú-SC 4 a 8/5. 12p. (inédito).

AVILA,I.G. et alii - Algumas Características geológicas e geotécnicas de depósitos coluvionares do Estado de São Paulo. Trabalho apresentado no III Congresso de Geologia de Engenharia Camburiú-SC - 04 a 08/05 1981, 21p. (inédito)

BAKER,V.R. - Urban Geology of Boulder, Colorado. A Progress Report Environmental Geology,1975, 1:75-88.

BARNETT,D.E. - Statutory, Reclamation And Supply Aspects of Mineral Aggregate Production in Canada. Mineral Resources Branch New Brunswinck Department of Natural Resources. /s.d./ 8p.

BARNETT,P.J. - Quaternary geology of the Simcoe Area Southern Ontario (Geoscience Report 162) Toronto 1978 74 p.

BARROWS,D. & WEBENDORFER,B. - Community Impacts and Acceptance of Mining Operations. Wis. Univ. Geol. Nat.Hist. Surv., Spec. Rep., 1976. 6:129-151.

BARRY,G.S. - Salt - Review Canadian Mineral Industry,Energy, Mines and Resources Canada. Canada. 1981, p. 34.1-34.7.

BARTOLOMEI,G. et alii - Studio geológico coordinato per la pianificazione territoriale del comune di Ferrara. Mem. Soc. Geol. Ital., Italy, 1975. 14:167-205. il.

BASTIDON,J. - L'exploitation des carrières et son incidence l'environnement. Industrie Minerale,Aout-Septembre, 1974:383-400.

BATES,R.L. - Geology of the Industrial Rocks and Minerals. New York, Dover, /s.d./ 459p. il.

BAUER,A.M. - A Guide to Site Development and Rehabilitation of Pits and Quarries. Toronto, Ontario Ministry

of Natural Resources, 1970. 62p. (Industrial Report 33).

BAUM,W.C. - The project cycle. International Bank for Reconstruction and Development 1982. 25p.

BAXTER,A.H. - Aggregates - Today and tomorrow. Canadian Pit and Quarry - March 1969:45-47.

BELL,A.V.& NANCARROW,D.R. - Salmon and mining in northeastern New Brunswick; a summary of the northeastern New Brunswick mine water quality program. Can. Min. Metall. Bull., 1974. 67(751):44-43. il. mapas.

BERGER,B.B. & DWORSKY,L.B. - Water Pollution Control,Trans. Amer. Geoch. Union, /s.d./ 58(1):16-28.

BERTON,Y. & PRIMEL,L.; - Méthodologie des Études de Ressources en Granulats. Comitê de Gestion de La Taxe Parafiscale sur Les Granulats, Paris. B.R.G.M./L.C.P.C., 1981, 60p.

BIGARELLA,J.J. & MOUSINHO,M.R. - Considerações a respeito de terraços fluviais,rampas de colúvios e várzeas. Bol. Paranaense de Geografia, 1965. 16/17:153-197.

BIGARELLA,J.J. & MOUSINHO,M.R. - Contribuição ao estudo da Formação Pariquera-Açu (Estado de São Paulo) Boletim Paranaense de Geografia,Rio de Janeiro, julho de 1965, 16/17:43-84.

BISHOP,A. - Urban Geology, Baylor Geological Society, Dallas, Texas. 1972, 130p. (inédito).

BISTRICHI,C.A. et alii, Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. In: ALMEIDA,F.F.M. de Mapa geológico do Estado de São Paulo; 1:500.000, texto. São Paulo, IPT 2 v. (IPT Publicação 1184) (Série Monografias 6).

BLUNDEN,R.H. - Urban geology of Richmond, British Columbia. Vancouver, Canada, Univ. British Columbia, 13p. 1973. il., mapa geol. (Report nº 15).

BOEGMAN,N. - Air pollution; open-cast mines remain problem

areas. S.A. Min. Eng. J., Sept. 1977. p.73, 75, 79, 81.

BONEHAM,R.E. - Environmental Study of Howard County, Indiana; Geologic Aspects. Indiana Acad. Sci. Proc., 83:278-283, 1973. mapas.

BOWES,D.R.; LANGER,A.M. & ROHL,A.N. - Nature and range of mineral dusts in the environment. R. Soc. Lond. Philos. Trans. Serv. A., 1977. 286(1336):593-610. il. tab.

BRANAGAN,D.F. - "Geological Data for the City Engineer; A Comparison of Five Australian Cites". In. 24 th IGC,section 13 - Engineering Geology, 1972. n.24:3-12 il. mapas geol.

BRASIL Departamento Nacional da Produção Mineral - Anuário Mineral Brasileiro, Brasília 1983, 403p.

BROKS,D.B. & ANDREWS,P.W. - Mineral Resources, Economic Growth, and World Population. Science (AAAS), 1974. 185(4145):13-19. il.

BUCK,A.D. - Recycled Concrete As a Source of Aggregate. 2 p. (inédito).

BULL,W.B. & SCOTT,K.M. - Impact of Mining from Urban Stream Beds in the Southwestern United States. Geology (Boulder), 1974. 2(4):171-174. il.

BULLOCK,W.D.; BRITTAIN,R.L. & PLACE,G.A. - Evironmental aspects of the North American mining industry. /s.d./ p. 27-43.

BURGESS,P.J. - The role of engineering geology in developing Sydney's environment. Past, present and future. Intern. Assoc. Eng. Geol.B., Krefeld, 1977. nº15:17-20.

CALEMBERT,L. - Raisons d'être de la geologie de l'environnement em Belgique. In: Recherche et technique au service de l'environnememt. Editions Cebedoc, SPRL, /s.d./ p.69-107.

CALVER,J.L. - New Directions In Topographic Mapping. Earth

Science In The Public Service. /s.d./ p.46-48.

CAMBEFORT,H. - Forages et Sondagens - Leur Emploi dans les Travaux Publics. Paris. Eyrolles 1966. 422p. il.

CANADA - Mineral Policy A Discussion Paper. Energy, Mines and Resources Canada, Dec. 1981. 157p.

CARLONI,G.C.; CLEMENTE,F. & MONTI,C. - Prospettive interdisciplinari fra sienge geologiche ed urbanistiche nella pianificazione del território. Metodi di approccio ai problemi reali nel caso di un territorio regionale (Emilia - Romagna) Mem. Geol. Ital., Itália, 1975. 14:259-265, (res. inglês)

CARNEIRO,C.D.R. - Geologia e Evolução Geológica da Folha de São José dos Campos, S.P. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da USP. São Paulo, IG-USP . 1977. 106p. (inédito).

CARNEIRO,C.D.R.; HASUI,Y. & GIANCURSI,F.D. - Estrutura da Bacia de Taubaté na Região de São José dos Campos. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29 Ouro Preto - 1976. Anais do... Ouro Preto S.B.G. 1976 p.247-256.

CARNEIRO,J.A.V. - Mapa de Rocas Industriales Granada - Malaga. Madrid 1983. 60p. il.

CARTER,W.L. - The paradox of quarrying in the Northeastern Megalopolis. Environ. Geol., 1975. vol. 1, p.67-68.

CASTRO,R.M., - Areia nos Estados de São Paulo e Paraná. São Paulo, 2º Dist. DNPM, s.d. 89p. (inédito).

CENDRERO,A. - Environmental Geology of the Santander Bay Area, Northern Spain. Environ. Geol., 1975. 1:97-114.

CENDRERO,A.; TERAN,J.R.D. de & OMEÑACA,J.S. de - A Technique For The Definition of Environmental Geologic Units and For Evaluating Their Environmental Value. Landscape Planning,3 1976:35-66.

CENTRE FOR RESOURCE STUDIES - Acid Rain Controls and the

Economics of the Canadian Nonferrous Mineral Industry . Proceedings of the Ninth CRS Policy Discussion Seminar, February 15-17, 1982 Kingston, Ontario, July 1982, 130 p.

CESAR,R.C. O caso da área metropolitana de São Paulo. São Paulo, EMPLASA, 1976 (Encarte Técnica, 10).

CHARRETON,C. - Les poussiers en cimenterie. Annales des Mines, jan. fev. 1978:96-110.

CHAVES, A.P. Usos industriais de areias e cascalhos. Minérios e Metais, São Paulo. I(2):42-48.

CHESNUT,W.S. - Geology, extractive resources, engineering geology, and mining factors influencing town planning in Tweed Shire. Rec. Geol. Surv. New South Wales, Australia, 1976. 17(1):5-39. il.

CHIEREGATI,L.A. et alii - Mining and Quarrying Planning in the São Paulo Metropolitan Area. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, Krefeld, 1980, 22:17-22.

CHIOSSI,N.J. - Geologia Aplicada à Engenharia. São Paulo. Grêmio Politécnico, 1975. 427p. il.

CHIOSSI,N.J. - Impactos ambientais e sociais no uso e ocupação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4, Belo Horizonte, 1984. Anais do... Belo Horizonte, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1984. 405p. il (vol. 2) cap. 19, p.253-266.

CHIOSSI,N.J. - Mineração, Meio Ambiente e Planejamento Municipal. In: CONGRESSO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, São Paulo, 1982, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 24p. il. (separata)

CLARKE,G. Cheshire silica sand; vital to the UK industry Industrial Minerals, 1980:19-33.

COATES,W.E. - Can surface mining be compatible with urbani

zation. Can. Metall. Bull., 68 (763 - The problems of urban mining): 179-185, 1975. il. mapas.

COATES,W.E. - Planning and Management in Mineral Resources Development /s.d., s.e./ p. 20-28.

COATES,W.E. & SCOTT,O.R. - A Study of Pit and Quarry Rehabilitation in Southern Ontario. Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 83, 1979, 67p. il.

COIMBRA, A.M.; RICCOMINI,C. & MELO,M.S. - A Formação Itaquaquecetuba: Evidências de Tectonismo no Quaternário Paulista. São Paulo, Inst. de Geociências da Universidade de São Paulo/Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo 1983 /s.p./ il (inédito).

COOPER,J.D. - Sand and Gravel. (Mineral Facts and Problems) /s.d./ p.1185-1199.

CORDANI,U.G. et alii - Estudo Preliminar de Integração do Pré-Cambriano com os eventos Tectônicos das Bacias Sedimentares Brasileiras. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES / SINTEP, 1984, 70p. il.

COUTINHO, J.M.V. - Petrologia do Pré-Cambriano em São Paulo e arredores. Boletim do Instituto de Geociências, São Paulo, 1972. 3:5-100. il.

COWAN,W.R. - Toward the Inventory of Ontario's Mineral Aggregates. Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper, MP73, 1977. 19p.

COZZOLINO,V.M.N. & CHIOSSI,N.J. - Condições Geotécnicas da Bacia Sedimentar de São Paulo. São Paulo /s. ed./ 1969 56p. il.

CREATH,W.B. - Urban geology of Tulsa County and Environs. Tulsa Phys. Environ., /s.d./ p.260-267.

DARDALHON,A. - La réglementation des mines et carrières au cours des temps. Annales des Mines, juillet 1972:19-20.

DARDENNE,M.A. & CAMPOS,E.G. - Geologia e Geoquímica do Depó

sito de Barita de Camamu - Bahia In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Atas do... , SBG, 1984:1144-1161.

DARE,W.L. - Pre-emptive land use - its impact on the mineral base. Virginia Minerals, /s.d./ 21(3):23-26.

DAVIES,D. - "El Medio Ambiente en Referencia Particular a la Eliminación de Residuos, de Derrumbes y del Drenaje". In: CONGRESSO MUNDIAL DE MINERIA, Lima, Peru, 3-8/XI / 1974. v.7.

DAYTON,S. - Alaska: a land and people in search of a future. E/MJ, 180(5):72-87, May 1979.

ECCLES,A.G. Pollution Control At Western Mines,Myra Falls Operations. CIM, Bull., 1977:141-147, Sept.

EDGERTON,C.D. - Effects of Urbanization Upon The Availability of Construction Minerals in Southeastern Florida Washington U.S. Bureau of Mines 1974 20p. il. tab.

EMERY,J.J. - Use of mining and metallurgical Wastes in construction /s.e., s.d./ p.261-272.

EMPLASA - "Manual Técnico para Empreendimentos Minerais na R.M.S.P." São Paulo, Superint. de Recursos Naturais e Saneamento Ambiental 1981 3vol.

EMPLASA - Plano Diretor de Mineração para o Município de Caieiras. São Paulo. Secretaria dos Negócios Metropolitanos, 1982, 50p. il.

EMPLASA - Plano Diretor de Mineração para o Município de Cajamar. São Paulo, Secretaria dos Negócios Metropolitanos 1982 76p. il.

EMPLASA - Plano Diretor de Mineração para o Município de Itaquaquecetuba. São Paulo. Secretaria dos Negócios Metropolitanos, 1983. /s.p./ il.

EMPLASA - Plano Diretor de Mineração para o Município de Mogi das Cruzes. São Paulo, Secretaria dos Negócios Me

tropolitanos, 1983. 2v. il.

EMPLASA - Plano Diretor de Mineração para o Município de Pirapora do Bom Jesus. São Paulo, Secretaria dos Negócios Metropolitanos, 1982. 77p. il.

EMPLASA - Plano Diretor de Mineração para o Município de Suzano. São Paulo. Secretaria dos Negócios Metropolitanos. 1983. /s.p./ il.

FLAWN,P.T. - Environmental Geology. Environ. Geol., New York, 1:3-4, 1975.

FLOTTE,J.P. - Analyse des facteurs géologiques et géotechniques de la région Vence-Cagnes (Alpes-Maritimes);application a l'amenagement régional. Bur. Rech. Geol. Minières,B., (Série 2), 1975. 3(3):227-255.

FORNASARI FILHO,N. et alii - Avaliação preliminar dos problemas causados pela mineração no meio ambiente no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4, Belo Horizonte, 1984. Anais do... Belo Horizonte, Associação Brasileira Geologia e Engenharia, 1984. 309p. il. (volume 1) cap. 5 p. 71-81.

FOX,W. Urban Development with Environmental Protection Atlabta, Georgia, U.S.A. U.S. Department of Agriculture-Forest Service. p.455-465.

FRANÇA,A.B. et alii - Manual de Geologia de Subsuperfície. São Paulo, Paulipetro. 1980. 86p. il.

FRYE,J.C. - Land Resource - Its Use And Analysis. In: Earth Science in the Public Service /s.d./ p. 60-63.

GAZEL,J. - L'ecogeologia al Servizio Geológico Nazionale francese (B.R.G.M.) 1972. 19(6):201-203.

GODFREY,A.E. - A physiographic aproach to Land Use Planing. Environ. Geol., 1977. 2:43-50.

GOLDBERG,E.D. et alii - Metal pollution in Tokyo as recorded in sediments of the Palace Moat. Geoch. J., 1976.

10:165-174.

GRATTAN-BELLEW,P.M.; DOLAR-MANTUANI,L.M.M. & SEREDA,P.J. - The Aggregate Shortage and High Alkali Cements In a Changing Energy Situation /s.e.,s.d./ 4p.

GREAT BRITAIN-INSTITUTE OF GEOLOGICAL SCIENCES "Sand And Gravel Resources" Mineral Assessment Report (Maps - 1:25.000) Institute of Geological Sciences Natural Environment Research Council /s.d./ 3p.

GROVES,J.E. - Reclamation of Mining Degraded Land. S. Afr. J. Sci., 1974. 70(10):296-299. il.

GUILLET,G.R. - Industrial Minerals - Endangered Species. The Problems of Urban Mining nov/1975. p.52-56.

GUILLET,G.R. - Urban Minerals - Resources in Jeopardy or - How to Turn a Difficult Ecomic Climate to Your Advantage. Repriated fron CIM Bull, June, 1978 6p.

HARRISON,J.E. - Urban Geology and Urban Planning - Too little and Too Late - Preprint of an address prepared for The Industrial Minerals Division of the Canadian Institute of Mining, 79 th Annual General Meeting Panel Discussion - Mineral Aggregates, Resource Management. 19 April, 1977. 7p. il.

HASUI,Y. & PONÇANO,W.L. - Organização Estrutural e Evolução da Bacia de Taubaté. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Recife, 1978. Anais do... Recife, SBG p. 368-381.

HASUI,Y. et alii - Condicionamento Tectônico da Bacia Sedimentar de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29 Ouro Preto 1976. Anais do... Ouro Preto, SBG 1976. p.257-269.

HASUI,Y. et alii - Geologia da Folha de São José dos Campos - SP. SF-23-Y-D-II. São Paulo, IPT, 1978. 45p. il. (Monografias nº 2).

HASUI,Y. et alii - Geologia da Região Administrativa 3(Vale do Paraíba) e Parte da Região Administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT, 1978. 78p.(Publicação IPT nº 1106 Monografia 1).

HERRERA,A.A.O. - Los recursos minerales y los limites del crescimento econômico. Siglo XXI ed., Buenos Ayres,1974. 82p.

HEWITT,D.F. - Urban Expansion and the Mineral Industries in the Toronto - Hamilton Area Industrial Mineral Report nº 8 Ontario Department of Mines Toronto 1962. 11p. il.

HOTALING JR., W.W. - Economics of Lightweight Aggregates In The Changing Energy Situation /s.d., s.e./ 2p.

HOUSTON,M.L. & WARREN,R.P. - Environmental planning and Mount Gunson operation. Australas, Inst. Min. Metall., Symp., Serv., 1976. 13:29-39.

HUGH,K.E. - La geologia en la planificación metropolitana; el caso del plan de desarollo metropolitano del Distrito Central. Publ. Geol. del Inst. Centro Americano de Tec., Ind., Guatem. City, 1976. 5:172-176. Mapas Geol. (res. ingl.).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A - Características Tecnológicas das areias do Estado de São Paulo Regiões Administrativas 1 e 3. São Paulo, SICCT/PRÓ-MINÉRIO, 1982. 260p. (IPT, Rel.17.736).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - Aplicação de métodos geológicos e geofísicos para definição de metodologia a ser utilizada na pesquisa, avaliação e caracterização das jazidas de areia na Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, SICCT/PRÓ-MINÉRIO/IPT, 1985, 89p. (Relatório IPT 21.980, con anexos IPT 21.912-Geofísica e IPT 21809 - Sondagem).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A - Reconhecimento geológico ao longo dos rios Parateí e Jaguari. São Paulo, DMGA. 1972 21p. (IPT Relatório nº 6.544).

JACOBSON,G. - Environmental and urban geology in Australia; Workshop meeting of government engineering geologists, November, 1976. BMR J. Aust. Geol. Geophys., 2 (1):73-76, 1977.

JACOBSON,G. et alii - Environmental geology for urban development - Tuggeranong, Australian Capital Territory. BMR J. Austral. Geol. Geophys., 1976. 1(3):175-192, il. mapas.

JAMES II,I.C.; KAMMERER,J.C. & MURRAY,C.R. - How Much Water in a 12 - ounce Can? A Perspective on Water Use. USGS Annual Report, Fiscal Year 1976. 18p.

JAPÃO - Environmental Laws and Regulation - Basic Law For Environmental Pollution Control. Law nº 132 of 1967 Amended by Law nº 132 of 1970 and nº 88 of 1971 p.2-8.

JEWETT,G.A. - Aggregates a Case Study of Resource Management In Ontario "A Challenge in Communication". Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 74. 1977. 9p. il. mapas.

JONG,J.D. de - Aspects of environmental geology in coastal plains. Newsl. Stratigr., 5(1):31-34, mapa.

KAEFER,L.Q et alii - Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de São Paulo - Diagnóstico e Diretrizes. São Paulo, DNPM/SNM/CPRM/EMPLASA, 1979 2v. il.

KALISER,B.N. - Environmental Geology of Bear Lake Area, Rich County, Utah. Utah Geol. Miner. Surv., Bull. 96, Sept. 1972. 32p. Anexos.

KASH,D.E. - Lease Management and Resource Conservation. In Earth Science In The Public Service, University of Oklahoma /s.d./ p.31-36.

KAZMANN,R.G. - Ground Water and Environmental Geology. Environ. Geol., 1975. 1(3):137-142.

KOLLERT,R.; BJORNBERG, A. & DAVINO,A. - Estudos preliminares de uma depressão circular na região de Colônia:Santo Amaro, São Paulo. Boletim Sociedade Bras. Geol. São Paulo, 1961. 10(1):57-77.

KUCK,L. & BARRETO NETO, M. - Projeto Areia para Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador. Salvador PROGEO 1977. 172p. il.

LACOSTE,A.C.; & GÉRENTE M. - Lâction de I'Arrondissement minéralogique du Nord-Pas-de-Calais en matière d'environnement industriel. Annales des Mines, nov. 1976:9-26.

LADWIG,L.R. - Colorado land use laws and engineering geology; a working relationship. Annu. Eng. Geol. Soils. Eng. Symp., 1975. Proc. 13:211-219. il. mapa

LEAMING,G.F. - The economic importance of mineral industry land use in Arizona. Ariz. Bur. Mines, Field Notes, 1971. 1(3):1-3.

LEINZ,V. - Decomposição das Rochas Cristalinas na Bacia de São Paulo. An. da Acad. Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, dez. 1955 7(4):499-504.

LEINZ,V. - Histórico Resumido das Pesquisas Geológicas da Formação São Paulo. In: Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo. São Paulo, 19 a 21 de maio de 1980. São Paulo, ABGE/SBG 1980 190p. p.1- 4 . il.

LEINZ,V. & CARVALHO, A.M.V. de - Contribuição à Geologia da Bacia de São Paulo. Boletim Fac. Fil. Ci. e Letras , São Paulo 1957 61p. (Geologia 15)

LERCH,O.H.; MANEVAL,D.R. & MONTGOMERY,H.B. - Mine drainage and other mining impacts as a regional development concern. Simp. Coal Mine Drain. Res., Pap., n.4, 1972. p. 15-18.

LI, Ta M. - Editor - Southeastern Idaho Phosphate Mining:Haw an Environmental Impact Statement Distorts Growth Plans. Mining Engineering Jan. 1978:25-28.

LOTHIAN,T.R.N. - National parks, equivalent reserves and mining. Aust. Conserv. Found., Spec. Publ., 1972. n. 8, p. 49-56. il.

LOWE,S.B. - Trees & Shrubs for the Improvement and Rehabilitation of Pits and Quarries in Ontario, Ministry of Natural Resources Dec. 1979. 71p.

LUTTIG,G. - Present and future economic value of Marine sand and gravel. Industrial Minerals Oct. 1978:53-57.

MACIEL FILHO,C.L. - "Mapeamento geotécnico e planejamento da ocupação urbana de Santa Maria, R.S." In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS EM GEOLOGIA, 2.5-9/02/79, Gravatal, p.257-280.

MACKINTOSH,E.E. & MOZURAITUS,E.J. - Agriculture and the Aggregate Industry: Rehabilitation of Extracted Sand and Gravel Lands to An Agricultural After-Use; Ontario Ministry of Natural Resources, Mineral Resources Branch, Industrial Mineral Background Paper 3(IMBP), 1982, 44p.

MACKENZIE,B.W. - Canada's Competitive Position in Copper an Zinc Markets. Centre For Resource Studies Working Paper nº 16 October 1979. 43p.

MACKENZIE,B.W.; BILODEAU,M.L. - Economic Effects of Smelter Controls on The Canadian Nonferrous Mining Industry. Centre for Resource Studies Queen's University, Kingston. Technical Paper nº 2 January 1982. 162p.

MALHOTRA,V.M. - Use of Recycled Concrete as A New Aggregate. /s.l., s.d./ 4p.

MANGUSHEV,K.I. & PIT'EVA,K.E. - The Problem of preserving the Water Resources of the Country from Industrial Pollution. Vestnik Moskovskogo Univ., Geol., 1976. 31(6):82-87.

MANNING,E.W. - Issues In Canadian Land Use Working Paper nº 9. Lands Directorate Environment Canada Dec. 1980. 16p.

MANNING,E.W. - Problématique de L'Utilisation Du Sol Au Canada Document de Travail nº 9. Direction générale des terres Environnement Canada Dec. 1980. 16p.

MARANHÃO, R.J.L. - Introdução à pesquisa mineral Fortaleza, BNB/ETENE, 1982, 680p. il. (Monografia, 10).

MARINOV,M.; KARADIMOV,A. & GRANCHAROV,B. - "Disposiciones Fundamentales y Tendencia en la Preservación del Medio Ambiente en la Industria Minera de la Republica Popular de Bulgaria". In: CONGRESSO MUNDIAL DE MINERIA, Lima, Peru, 3-8/XI/1974. v.3.

MARSHALL,I.B. - Mining Land Use and The Environment - II. A Review of Mine Reclamation Activities in Canada Land use in Canada Series Number 23. Lands Directorate Environment Canada Ottawa, 1983. 288p.

MATTHEWS,W.H. - Objective and subjective judgements in environmental impact analysis. Environmental Conservation :, Switzerland, Summer 1975. 2(2):121-132.

McCARTNEY,W.D.; MATHESON,A.H. & FYLES,J.T. - Mineral capability maps aid land use planning in B.C. Can. Min. J., 1974. 95(8):47-53. tab., mapa.

McLELLAN,A.G.; YUNDT,S.E. & DORFMAN,M.L. - Abandoned Pits and Quarries in Ontario Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 79. 1979. 36p.

McLELLAN,A.G. - Problems Facing a growing Aggregates Industry Cement Lime and Gravel. Sept. 1971:217-219.

MEDEIROS,R.A.; SCHALLER,H. & FRIEDMAN,G.M. - Fácies Sedimentares-Fácies de Planicie de Inundação.Trad. Carlos Walter Marinho Campos. Rio de Janeiro PETROBRÁS, CENPES, Divisão de Documentação Técnica e Patentes. 1971. p.45-57.

MELO,M.S. de, Geologie Du Bassin de Resende et Contribution

A L'Evolution Du Systeme de Rift du se du Bresil.Un D'Aix - Marseille I e II, Report du D.E.A., Laboratoire de Geol. du Quaternaire, CNRS, Luminy. 1984. 60p. il. (inédito).

MELO,M.S. & PONÇANO,W.L. - Gênese Distribuição e Estratigrafia dos Depósitos Cenozóicos no Estado de São Paulo. São Paulo, IPT, 1983. 74p. il. (IPT publicação 1364, Série Monografias 9).

MINISTRY OF NATURAL RESOURCES - Mineral Aggregate Study and Geological Inventory of Part of the Eastern Ontario Region a report summary for the Ministry of Natural Resources by Proctor & Redfern Limited and Gartner Lee Associates Limited June 1976. 16p.

MONTGOLFIER,J. de - La gestion des ressources naturelles renouvelables. Can. Ing. Agron., 1975. 299:23-31.

MORETTI, R. de S. et alii - Loteamentos na grande São Paulo, contribuições da geologia de Engenharia (II): Análise de um projeto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4, Belo Horizonte, 1984. Anais do... Belo Horizonte, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia , 1984. 405p. il. (volume 2) Cap. 2, p.31-36.

MORTIMER,G.J. - Environmental experts in the mineral industry. Int. J. Environ. Stud., 1975. 7(3):165-171.

MOTTA,I. de S. et alii - Consumo de Insumos Minerais Não-Metálicos na Região Metropolitana de São Paulo, 1979. 99p.

MOTTA,I. de S. et alii - Consumo de Insumos Minerais Não-Metálicos na Região Metropolitana de São Paulo Anexo 8 São Paulo 1979. 115p.

MOYES,A.J. & REEVES,E.G. - Economic Comparison of dust-collection methods in the quarrying industry /s.d./ p. 579-588.

MULAR,A.L. - Mining and Mineral Processing Equipment Costs

and Preliminary Capital Cost Estimations. CIM Special Vol 25 1982 265p.

NAKAO,M. - "Japonese policy for prevention of mine pollution". In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS EM GEOLOGIA 2. Gravatal, SC, 5-9/02/79, 10p., Cooperação Técnica Brasil-Japão, DNPM/DFPM.

NICHOLSON,D.A. - "Mining As A Land Use" A paper delivered at Environment'78", 4 th Environment Conference Sydney, June 16, August 1978.

NIJKAMP, P. & VOS, J.B. - A multicriteria analysis for Water resource and land use development. Water/Resour. Res.,1977 13(3):513-518, tab.

NISHIMURA,T. - "The system in private mining enterprises for problem of mining pollution". In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS EM GEOLOGIA, 2. Gravatal, SC, 5-9/02/79,8p., Cooperação Técnica Brasil-Japão,DNPM/DFPM.

ONTARIO - A Policy For Mineral Aggregate Resource Management In Ontario Report of the Ontario Mineral Aggregate Working Party to the Honourable Leo Bernier, Minister of Natural Resources. Dec. 1976. 232p.

ONTARIO GEOLOGICAL SURVEY - Aggregate Resources Inventory of the Central Part The City of Timmins, Cochrane, Northern Ontario; Toronto, Ontario Geological Survey, 49p. (Agr. Resources Paper 89).

ONTARIO - Occupational Health and Safety Act and Regulations for Mines and Mining Plants Occupational Health and Safety Act Revised Statutes of Ontario, 1980 Chapter 321 Revised Regulations of Ontario, 1980, Regulation 694 310p.

ONTARIO - Pits and Quarries Control Act. Regulation 784. Government of Ontario. July 1982. 25p.

ONTARIO INDUSTRIAL MINERALS - Industrial Mineral Background Paper 2 D. Geoffry Minnes Industrial Minerals Section 52 p. il.

ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES - Aggregate Resources Inventory of The Fort Frances Area Rainy River District Northern Ontario Staff of the Engineering and Terrain Geology Section Ontario Geological Survey. Ontario Geological Survey Aggregate Resources Inventory Paper 92.1983 42p. mapas.

ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES - Mineral Aggregate Study and Geological Inventory Southwestern Region of Ontario A Summary of the Report Prepared by Proctor & Redfern Limited Gartner Lee Associates Limited 16 p. il. /s.d./

ONTARIO Ministry of Natural Resources - Mineral Aggregate Resource Planning Policy. A provincial policy on planning for mineral aggregate resources Dec. 1982. 3p.

ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES - Ontario Industrial Minerals Industrial Mineral Background Paper 2 D. Geoffry Minnes Industrial Minerals Section. 52p.

ONTARIO MINISTRY OF NATURAL RESOURCES - Pit & Quarry Rehabilitation The State of The Art in Ontario 1970 /s.p./

PAONE,J.; MORNING,J.L. & GIORGETTI,L. - Land utilization and reclamation in the mining industry, 1930-71, Washington, Bureau of Mines, 1974, 61p. il. tab.

PEAT,M.A.P. & LIMITED,M.M.D. - Mineral Aggregate Transportation Study Final Report. Toronto, Ontario Ministry of Natural Resources. (Industrial Mineral Background Paper 1) dec./1980 133p.

PEAT,M.A.P. & LIMITED,M.M.D. - Mineral Aggregate Transportation Study. Summary. Toronto, Ontario Ministry of Natural Resources (Industrial Mineral Background Paper 1a) dec/1980 26p.

PEDROSA,J.A.B.A. et alii - Loteamentos na grande São Paulo, Contribuições da Geologia de Engenharia (I): Diretrizes para Projeto e Implantação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA, 4, Belo Horizonte, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1984. 405p. p. 19-29. il.

PHILIP,G.M. - Environmental geology in Australia. Earth - Science Rev., 1976. 12:311-321. mapas.

PHILLIPS,G.P. - The mining industry and national development. Aust. Conserv. Found., Spec. Publ.,1972. 8:5-10 , il.

PHILLIPS,G.P. - Mining and the environment; an industry viewoiunt. Australian Mining, Search, 1974. 5(1-2):45 - 49.

PRANDINI,F.L. & OLIVEIRA,A.M.S. - "Problemas do uso racional do meio físico In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ECOLOGIA, 1º Curitiba, 1978. /s.p./.

PRANDINI,F.L. et alii - Uma carta geotécnica dos terrenos adjacentes ao canal do Rio Tietê de Osasco a Guarulhos. São Paulo, 1979. (Apres. 9º Simp. Cartogr., Curitiba , 1979).

PRIMEL,L. - Recherche sur l'évolution des propriétés des matériaux alluvionnaires dans un bassin et mise en évidence de quelques caractéristiques générales Paris, Ministère de L'Équipement et du logement - Laboratoire Central Des Ponts et Chaussées. 1969 83p.

PRÓ-MINÉRIO - "Diagnóstico do Mercado Produtor Mineral do Estado de São Paulo". Relatório 13.406. São Paulo PRÓ-MINÉRIO/IPT, 1980 2v. il.

PURVES,J.B. - Aspects of mining and pollution Control in Southwest England /s.d./ p. 159-179.

REBIERE,A. - Les problems de l'environment - Industrie Minerale, nov. 1972. p. 495-498.

REED,N.P. - Interdisciplinary Approach To The Solution of Natural-Resources Problems. Earth Science In The Public Service /s.d./ p. 67-70.

WALLACE,I. - The Transportation Impact of the Canadian Mining Industry. Centre for Resource Studies Queen's University Kingston, Ontario, 1977. 154p. il.

WANG,K.L. - Regional Impact Analysis Techniques for the Mineral Industries U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines p. 153-174.

WATSON,D.M. - Resource Development, Regional Planning and Ore Reserves Mineral Resources may 1977 p. 104-108.

WERNICK,E. - Análise Granulométrica dos sedimentos da Bacia de São Paulo. Eng. Miner. Metal., Rio de Janeiro, fev. 1966. 43(254):63-68.

YUNDT,S.E. - Mineral Aggregates: Problems, Prospects and Perseverance. Guelph and Suburban Planning Board April 8, 1976. 7p.

YUNDT,S.E. et alii - Aggregate Extraction and Pit Rehabilitation in Toronto an Historical Review. In: From Pits to Playgrounds. Ontario. Ministry of Natural Resources, april 1979. il.

YUNDT,S.E. & WOOD , N.P. - Ontario Mineral Aggregates In The 80's Government and Industry Challenges - Legislation, Rehabilitation, Planning Policy and Resource Mapping. Ontario Ministry of Natural Resources, Industrial Minerals Section, Mineral Resources Branch. 1982 25p.

YUNDT,S.E. - Guidebook for Field Trips In: 19 th Forum on the Geology of Industrial Minerals Ontario 1983. 48p.

YUNDT,S.E. & BOOTH,G.D. - Bibliography Rehabilitation of Pits, Quarries, and Other Surface - Mined Lands,Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 76, 1978. 27p.

ZARATIN,S. - Planejamento metropolitano. São Paulo,EMPLASA, 1976. /s.p./ (Encarte Técnico, 5).

ZARATIN,S. et alii - Plano do uso e ocupação do solo metropolitano da grande São Paulo. São Paulo, EMPLASA, 1976. /s.p./ (Encarte Técnico, 17).

dian Environmental Law Research Foundation Toronto, Ontario set./1979 65p.

THROCKMORTON JR., R. et alii - Geologists in government administration. Geotimes, Sept. 1975. p.20-22.

TITARELLI,A.H.V. - O Vale do Parateí Estudo Geomorfológico (Tese de doutoramento - USP) São Paulo, USP Instituto de Geografia 1975 186p. il.

TIMUSK,J. - More Efficient use of Aggregate Production to Save Energy. Dept. of Civil Engineering, University of Toronto, Ontario /s.d./ 12p.

TRICART,J. & SILVA,T.C. da - Aspectos Gerais da Sedimentação da Bacia de Taubaté (São Paulo, Brasil) Notícia Geomorfologica, Campinas, abril/1958. 1(1):6-13.

USUI,Y. et alii - Relatório sobre o Projeto da Grande São Paulo. DNPM/DFPM. Cooperação Técnica Brasil-Japão, maio 1979. 26p. il.

VALVERDE,F.M.; KAEFER,L.Q. & SOUZA,P.A. - Projeto Regional de Integração Mineral da Grande São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Recife, 1978. Anais do ... , Recife, SBG 1978 v.4, p.100-117.

VALVERDE,F.M.; CHIEREGATI,L.A.; KIYOTANI,M.A.;AKINAGA, R.M. - Poluição por Atividades Mineiras - Aspectos Políticos e Econômicos no Estado de São Paulo. SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS EM GEOLOGIA, II Gravatal SC 1979 Anais do... Gravatal SC., CAEEB/PLANFAP 1979 698p. il. p.611-615.

WALLAGE,I. - Prospect and Richmond: Engineering and environmental geology. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 25. Sydney, Geol. Surv. N.S.W., Excursion 15B, 10p.

WALLAGE,I. - The Management of Industrial Mineral Resources. In: New South Wales Environment, 4. Environment, June 1978, Sydney, nov. 1978. p.13-23.

SMITH,V. - Methodology for Displaying Mineral Resource Information For Land-Use Planning Geological Survey of New South Wales, Australia, 1979 32p. (Geological Survey Report nº G5 1979/148).

SRISHENDRUDER, M.T.M. et alii - Projetos pilotos para a recuperação de áreas degradadas pela mineração da R.M.S.P. - Região Metropolitana de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4, Belo Horizonte, 1984. Anais do... Belo Horizonte, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1984. 309p. il. p.94-112.

SUGUIO,K. - Contribuição à Geologia da Bacia de Taubate . (Tese de doutoramento de Filosofia, Ciências e Letras da U.S.P.) Vale do Paraíba. /s.ed./. 106p. il.

SUGUIO,K. & BIGARELLA,J.J. - Ambiente Fluvial. Curitiba , Univers. Federal do Paraná e Associação de Defesa e Educação Ambiental 1979 183p. il.

SUGUIO,K.,FÚLFARO, V.J. & COUTINHO,J.M.V. - Tipos de Contatos e Estruturas Sedimentares Associadas da Bacia de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25,São Paulo, 1971. Anais do... São Paulo, SBG 1971 p.215-218.

SUGUIO,K. & MUSSA,D. - Madeiras Fósseis dos Aluviões Antigos do Rio Tietê, São Paulo. Boletim IG. São Paulo, 1978. 9:25-45.

SUGUIO,K. & TAKAHASHI, I. - Estudo dos Aluviões Antigos dos Rios Pinheiros e Tietê, São Paulo, SP. An. Acad.Bras. Ci., Rio de Janeiro, set. 1970. 42(3):555-570.

SUGUIO,K. et alii. Novos dados sedimentológicos dos aluviões antigos do Rio Pinheiros e seu significado na interpretação do ambiente deposicional. In CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais do... São Paulo, SBG, 1971. p.219-225.

SWAIGEN,J. & CASTRILLI - The Proposed Ontario Aggregates Act: Discussion, Evaluation And Recommendations. Cana-

RIDGE,J.D. - Mineral-Resource Appraisal and Analysis Earth Science The Public Service. Pennsylvania /s.d./ p.12-16.

RIO DE JANEIRO. SMO - DGOP - DAA - Pedreiras; Legislação. Rio de Janeiro 5/7/1978. Folheto nº 97, 15p.

RIPLEY,E.A.; REDMANN,R.E.; MASWELL,J. - Environmental Impact of Mining in Canada Centre for Resource Studies Queen's University Kingston, Ontario 1978 284p.

RUDAWSKY,O. - Input - Output Analysis Department of Mineral Economics Jan. 1972 12p.

SANTOS,M. do C.S.R. dos & SAAD,M.R.M. - Índice de Mapeamentos Geológicos e Bibliografia Referentes ao Pré-Cambria no Paulista. São Paulo, IPT. 1978, 21p. il. (Publicações Especiais nº 4).

SANTOS,P.R. - Bacia de Taubaté. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. Departamento de Paleontologia e Estratigrafia. Estratigrafia-GPE-304 2a Excursão didática (30/11 e 01/12/1981) 7p.

SÃO PAULO CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - Política Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais São Paulo, Gov. do Estado de São Paulo, 1984. 16p.

SÃO PAULO. SECRETARIA DOS NEGÓCIOS METROPOLITANOS - Uso do solo para proteção dos mananciais metropolitanos.Lei n. 898/75 e Proj. Lei n. 314/76, 14p.

SCHELLIE,K.L. & BAUER,A.M. - Shaping The land; planned use of industrial sand deposits. Silver Spring, Md., National Industrial Sand Association, 1968. p. 26-46.

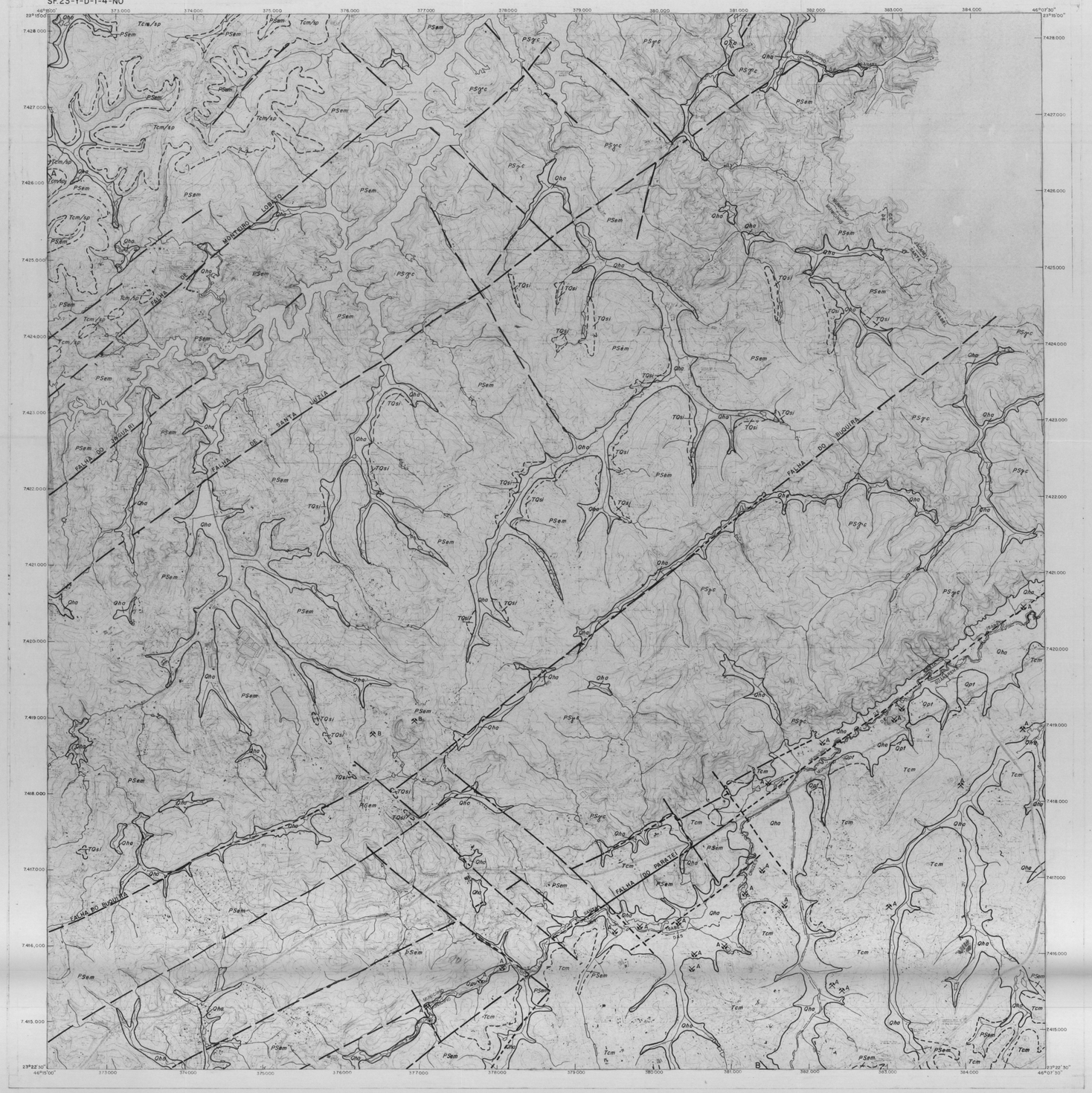
SCHIEFER,K. & LUSH, D. - Environmental monitoring; a new requirement for the mining industry. Can. Min. J., 1975 96(5): 52-54. il.

SIBRAVA,V. - Quaternary geology and environmental studies in densely populated areas. News Stragr., 1976. 5(1):6-10.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

SISTEMA CARTOGRÁFICO METROPOLITANO
FOLHA 541
SF.23-Y-D-I-4-NO

CONVÊNIO DNPM/CPRM



CONVENÇÕES

ESTRATIGRÁFICAS

CENOZÓICO

QUATERNÁRIO

HOLOCENO

DEPÓSITOS ALUVIONARES

Qha

Várzeas atuais : argilas caulinítricas, em parte orgânicas, areias e cascalhos.

PALEOVALE DO PARATEÍ

Qpv | **Qpl**

Sedimentos sob a várzea do Rio Paratei : areias esbranquiçadas, inconsolidadas, granulação fina a média, raros leitos conglomeráticos, com abundância de troncos vegetais sem evidências de incarbonização (*Qpv*) e terraços : conglomerados de seixos de quartzito e quartzo, subanguiosos arredondados (*Qpl*).

TERCIÁRIO / QUATERNÁRIO

UNIDADE SANTA ISABEL

TQsi

Depósitos de várzeas suspensas : conglomerados, argilas acinzentadas, argilas orgânicas.

TERCIÁRIO

FORMAÇÃO CAÇAPAVA – MEMBRO SUPERIOR / FORMAÇÃO SÃO PAULO

Tcm/sp

Bancos de arenito de granulação fina maciços ou com estratificação cruzada de pequeno porte (fácies de canal fluvial) associados a argilas vermelhas a variegadas (fácies fluvial de transbordamento a lacustre).

FORMAÇÃO CAÇAPAVA - MEMBRO MÉDIO

Tcm

Lamitos arenosos a conglomeráticos, raros níveis de calcrete, intercalados a níveis arenosos e conglomeráticos maciços ou com estratificação gradacional ou cruzada de pequeno porte, localmente associados a níveis argilosos e linhito (fácies de leques aluviais e fluvial anastomosada).

PRÉ - CAMBRIANO SUPERIOR

SUÍTE GRANÍTICA SINTECTÔNICA – FÁCIES CANTAREIRA

PSγc

Corpos autóctones orientados, incluindo anatexitos, nebulitos e oftalmitos, predominantemente de composição tonalítica a granítica.

GRUPO AÇUNGUI

COMPLEXO EMBU

PSem

Migmatitos homogêneos variados, predominando os de natureza homofânica, oftalmítica e facoidal.

GEOLÓGICAS

- Contato definido
- Contato aproximado
- Contato provável
- Contato suposto
- Contato encoberto
- Falha definida
- Falha provável
- Falha encoberta
- Mina a céu aberto e atividade
- Mina a céu aberto paralisada
- A — B Secção geológica
- Bens minerais : A - Areia ; B - Brita.

CARTOGRÁFICAS

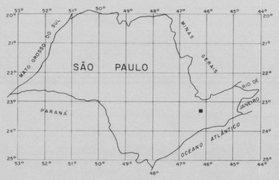
- Edificações
- Via de pista dupla
- Via pavimentada
- Via sem pavimentação
- Via em construção
- Caminho
- Metrô
- Estrada de ferro
- Corte
- Aterro
- Ponte e bueiro
- Pinguela
- Lagoa e represa
- Alagado
- Rio
- Ribeirão ou córrego
- Curso d'água indefinido
- Vala ou valeta
- M Mata
- m Macega
- Cl Cultura
- R Reflorestamento
- Areia
- Afloramento rochoso
- Mov. de Terra Movimento de terra
- Encanamento
- Linha transmissora de energia
- Cerca e muro
- Cerca viva
- Cerca mista
- Limite municipal
- 900 / 800 / 700 Curvas de nível
- RN (1.35) 732.21 Referência de nível
- V. 132 Vértice
- 723.4 Ponto de campo
- 723 Ponto de aparelho

ELEMENTOS UTILIZADOS :

Base cartográfica obtida a partir da compilação do mapeamento provisório, através da redução das folhas 1:10.000 do Sistema Cartográfico Metropolitano, restituídas a partir do recobrimento aerofotogramétrico realizado em 1980/81.
Origem da quilometragem U.T.M. : Equador e meridiano central, acrescidos as constantes de 10.000 km e 500 km respectivamente. Elipsoide Internacional de Hayford.
Datum Horizontal: Córrego Alegre - MG.
Datum Vertical: Marégrafo de Imbituva - SC.
Equidistância das curvas de nível : 5m.
Projeção Universal Transversa de Mercator.

Geologia da Área Pré-Cambriana : compilada do Mapa Geológico do Estado de São Paulo - esc. 1:50.000 (Pró-Minério, 1981) ; Mapa Geológico da Grande São Paulo - esc. 1:50.000 (José Moacyr V. Coutinho, 1979).

SITUAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



ESCALA 1 : 25.000

250 0 250 500 1000 m

1984

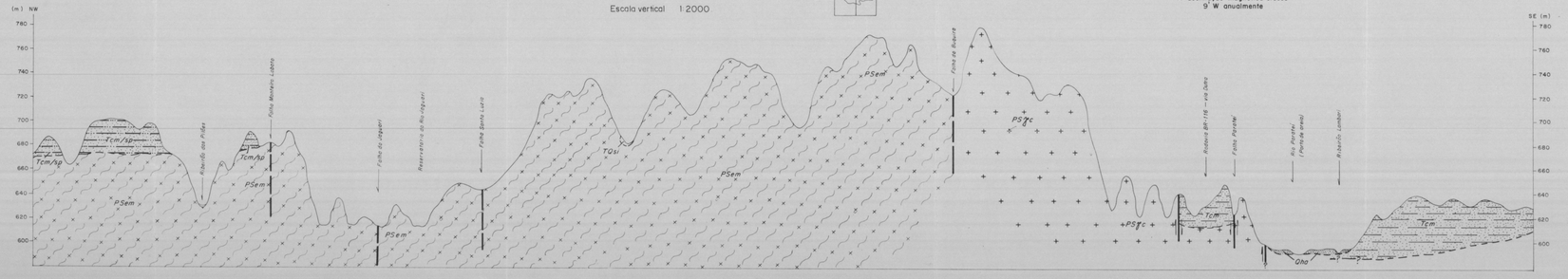
REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE SÃO PAULO – ARTICULAÇÃO DA FOLHA

Declinação Magnética 1983 (8) e Convergência Meridiana do Centro da Folha (γ)

A declinação magnética cresce 9' W anualmente

PERFIL GEOLÓGICO

Escala horizontal 1:25.000
Escala vertical 1:2.000



CPRM

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

PROJETO DIRETRIZES PARA A MINERAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

ESBOÇO GEOLÓGICO DA FOLHA 541 DO SISTEMA CARTOGRÁFICO METROPOLITANO

FASE PRELIMINAR - ANEXO I

Coordenador Geral
FERNANDO MENDES VALVERDE - DNPM

Coordenador Técnico
ARLEI BENEDITO MACEDO - DNPM/CPRM

Equipe Executora
SÉRGIO A. ANTONINI - PRÓ-MINÉRIO-SICCT
GERSON B. OSTAFIUC - CPRM
HENRIQUE NATIVIDADE - EMPLASA
JOSÉ LUIZ BORDIGNON - IPT

Consultor
ARMANDO MARCIO COIMBRA - IGUSP

Participação
HERMAN VARGAS SILVA - CETESB

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

SISTEMA CARTOGRÁFICO METROPOLITANO
FOLHA 541
SF.23-Y-D-I-4-NO

CONVÊNIO DNPM / CPRM

LEGENDA

- Estação geológica descrita
- Estação geológica observada
- Estação geológica descrita e com secção esquemática
- SA-38 Sigla do Técnico e número da estação

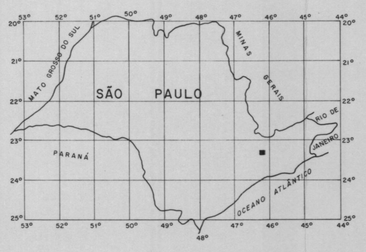
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Edificações
- Via de pista dupla
- Via pavimentada
- Via sem pavimentação
- Caminho
- Estrada de ferro
- Corte
- Aterro
- Ponte e Bueiro
- Pinguela
- Rio
- Lagoa e Represa
- Ribeirão ou Córrego
- Curso d'água indefinido
- Vala ou Valeta
- Alagado
- Limite Municipal
- 700 / 725 Curvas de nível
- RN 1132 732,21 Referência de Nível
- V 132 Vértice
- 723,4 Ponto de campo
- 723 Ponto de aparelho

ELEMENTOS UTILIZADOS:

Base cartográfica obtida a partir da reprodução do mapeamento provisório, através da redução das folhas 1:10.000 do Sistema Cartográfico Metropolitano, restituídas a partir do recobrimento aerofotogramétrico realizado em 1980/81.

SITUAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



ESCALA 1:25.000

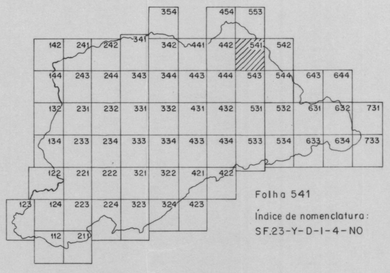
250 0 250 500 1000m

1984

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Origem da quilometragem U.T.M.: Equador e meridiano central, acrescidas as constantes de 10.000km e 500km respectivamente.
Elipsóide Internacional de Hayford
Datum Horizontal: Córrego Alegre - MG
Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba - SC
Equidistância das curvas de nível: 5m

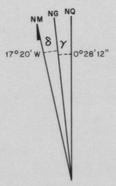
REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE SÃO PAULO – ARTICULAÇÃO DA FOLHA



Folha 541

Índice de nomenclatura:
SF.23-Y-D-I-4-NO

Declinação Magnética 1983 (δ) e Convergência Meridiana do Centro da Folha (γ)



A declinação magnética cresce 9' W anualmente

CPRM

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

PROJETO DIRETRIZES PARA A MINERAÇÃO DE AREIA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

MAPA DE PONTOS E CAMINHAMENTO GEOLÓGICO DA FOLHA 541 DO SISTEMA CARTOGRÁFICO METROPOLITANO

FASE PRELIMINAR - ANEXO II

Coordenador Geral
FERNANDO MENDES VALVERDE - DNPM

Coordenador Técnico
ARLEI BENEDITO MACEDO - DNPM/CPRM

Equipe Executora
SÉRGIO A. ANTONINI - PRÓ-MINÉRIO-SICCT
GERSON B. OSTAFIUC - CPRM
HENRIQUE NATIVIDADE - EMPLASA
JOSÉ LUIZ BORDIGNON - IPT

Consultor
ARMANDO MARCIO COIMBRA - IGUSP

Participação
HERMAN VARGAS SILVA - CETESB

ANEXO III

GEOLOGIA DA REGIÃO DO PARATEÍ

Armando Márcio Coimbra, Sérgio A. Antonini e Henrique Natividade

1 - GEOLOGIA REGIONAL

A área em questão está no contexto de rochas metassedimentares do Grupo São Roque, gnaisses e migmatitos do embasamento indiferenciado (Coutinho, 1968 a, 1971 a, 1971 b, 1972 e 1980; Hasui e Sadowski, 1976 e Hasui et alii, 1976) e rochas sedimentares das Bacias de São Paulo e Taubaté (Carneiro, et alii, 1976; Carneiro, 1977; Hasui et alii, 1978 b; Hasui e Ponçano, 1978).

A síntese do conhecimento sobre a Bacia de São Paulo foi apresentada por vários autores na Mesa Redonda sobre "Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo", promovida pela SBG/NSP e ABGE em 1980. Em 1983, Melo e Ponçano apresentaram um trabalho sobre a gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozóicos no Estado de São Paulo.

Posteriormente, salientam-se os trabalhos de Coimbra et alii, (1983), Almeida et alii (1984) e Melo et alii (1984), referentes à Formação Itaquaquecetuba, anteriormente denominada de aluviões antigos do Rio Tietê. (Suguio e Takahashi, 1970).

Coimbra et alii (1983) e Riccomini et alii (1984) apresentam a caracterização dos depósitos e idéias sobre a gênese dos sedimentos, evidenciam uma tectônica pós-deposicional e advogam uma idéia quaternária, de acordo com o admitido pelos autores anteriores.

Melo (1984), a partir de estudos palinológicos, acredita numa idade mais antiga (eocênica) para a Formação Itaquaquecetuba.

Sobre a Bacia de Taubaté, além dos trabalhos mais antigos, podemos destacar os trabalhos de Suguio, (1969), Carneiro et alii (1976), Carneiro, 1977), Hasui et alii, (1978 a e b), Hasui e Ponçano (1978), e na área específica do trabalho, o estudo de cunho geomorfológico de Titarelli (1975).

Mais recentemente, Vespucci (1984), em sua tese de mestrado sobre sistemas deposicionais e evolução tectono-sedimentar da Bacia de Taubaté, apresenta a identificação de algumas fácies sedimentares (leque aluvial, fluvial entrelaçado, fluvial meandrante e lacustre, sem reconhecimento do comportamento espacial e cronológico das fácies e sua relação com a evolução tectônica da bacia.

2 - GEOLOGIA DA ÁREA

2.1 - Introdução

A área mapeada pode ser separada em três grandes blocos delimitados por falhas de direção NE-SW. O bloco sul, denominado de Parateí, é seccionado ao norte pela falha do Parateí, e nele afloram rochas do embasamento, sedimentos da Formação Caçapava, terraços do Rio Parateí, areias de preenchimento do paleovale do Parateí e argilas das várzeas atuais dos rios que drenam a região (rio Parateí e afluentes). A Formação Caçapava, neste bloco, pode ser subdividida em três membros, Superior, Médio e Inferior.

O bloco central, denominado de Santa Isabel, é limitado ao sul pelas falhas do Parateí/Boquira e ao norte pela falha do Monteiro Lobato. É constituído basicamente por rochas do embasamento com augen gnaisses e migmatitos heterogêneos estromatíticos. Em pequenas manchas ao longo da rodovia de acesso da Via Dutra a Santa Isabel e nas encostas dos afluentes da margem direita do Rio Jaguari afloram rochas de caráter sedimentar informalmente de

nominadas neste trabalho de Unidade Santa Isabel.

O bloco norte, denominado de Jaguari, é limitado ao sul pela falha de Monteiro Lobato e a sul pela falha da Fazenda e é constituído basicamente por sedimentos da Formação Caçapava e exposições locais do embasamento cristalino.

2.2 - Pré-Cambriano

O Pré-Cambriano é representado por augen gnaisses e migmatitos heterogêneos estromatíticos e aflora principalmente no bloco Santa Isabel e em pequenas áreas no bloco Parateí e Jaguari, exposto como embasamento da Formação Caçapava.

2.3 - Formação Caçapava

2.3.1 - Bloco do Parateí

2.3.1.1 - Formação Caçapava - Membro Inferior

O Membro Inferior da Formação Caçapava foi reconhecido apenas no Porto Itaquareia. Situado em Itapeti, em afluente do Rio Parateí e no Porto São Bento, próximo ao Ribeirão Taboão, foi tentativamente correlacionado à Formação Itaquaquecetuba por Riccomini et alii, (1984), que acreditaram numa idade quaternária, pós Formação Caçapava.

É constituído por areias de granulação média a grosseira, contendo intercalações conglomeráticas com seixos principalmente de feldspato, quartzo, e ainda bolas de argilas de diferentes tamanhos (de centimétricas a 0,5 m). Estes arenitos apresentam estratificação cruzada de médio porte, tangencial e acanalada em estrutura de escavação e preenchimento. Os níveis argilosos são pouco espessos (até 1 m), lenticulares e normalmente

apresentam-se rompidos por estruturas de escavação e originam as bolas de argila depositadas no leito dos paleocanais. É comum a presença de troncos vegetais incarbonizados e marcassitizados.

Provavelmente são depósitos fluviais de canais anastomosados.

Acredita-se que este depósito possa ser correlacionado litologicamente e cronologicamente à Formação Itaquaquecetuba. Se tal afirmação for correta, a Formação Itaquaquecetuba teria idade mais antiga do que a admitida pela maioria dos autores como Suguio e Takahashi (1970). Suguio (1971), Suguio et alii (1971), Suguio e Mussa (1978), Coimbra et alii, (1983) e Riccomini et alii, (1984). O retroafirmado viria ao encontro do trabalho do Melo et alii, (1984) que, por estudos de paleomagnetismo, já tinham admitido uma idade mais antiga para esta formação. Ainda no trabalho de Melo et alii (1984), o estudo palinológico da Formação Itaquaquecetuba evidenciou uma idade eocênica para esta.

2.3.1.2 - Formação Caçapava - Membro Médio

O Membro Médio da Formação Caçapava é constituído por lamitos arenosos conglomeráticos, principalmente nas proximidades da falha do Parateí. Os lamitos correspondem à deposição por corrida de lama em leques aluviais, formado em áreas de declive acentuado, adjacentes às áreas baixas, e associam-se a argilitos verdes, provavelmente montmoriloníticos.

Acredita-se ser semi-árido o clima reinante na época de sua deposição, atestado pela presença de calcários tipo caliche (Via Dutra km 187,6) com presença de cristais de carbonato de terras raras (Nd-lantanita).

Intercalados aos lamitos aparecem níveis arenosos e conglomeráticos maciços ou com estratificação gradacio

nal que podem representar deposição em barras longitudinais associadas a leques proximais dentro do sistema anastomosado.

Os leques aluviais proximais sugerem presença de pulsações singenéticas da falha do Parateí. Em áreas distais encontram-se arenitos médios e grosseiros , com estratificação cruzada de médio porte, associada a níveis conglomeráticos com estrutura gradacional e seixos centimétricos a decimétricos de quartzo, feldspatos angulosos, fragmentos de rocha "pegmatitíca", além de blocos de argilas de dimensões centimétricas a quase um metro. Provavelmente são areias associadas a barras transversais em sistema anastomosado em leques mais distais. No Porto São Bento foram encontradas madeiras silicificadas nesses arenitos.

Nos portos de areia Itaquarema e Três Coroas, ocorre um nível de linhito associado a argila orgânica com espessura de 0,5 a 1,5 m e comprimento de ± 50 m. O linhito do Porto Itaquarema contém marcassita e/ou pirita, associadas à argila caulinítica (?) amarela clara (pouco óxido de ferro), muito plástica. Provavelmente, os linhitos e as argilas depositaram-se por decantação em canais abandonados.

A natureza caulinítica desta argila, dentro de um contexto de lamitos e argilitos provavelmente montmoriloníticos formados sob condições de baixa lixiviação em clima semi-árido, estaria ligada a ambiente sedimentar com pH baixo em condições euxínicas ricas em matéria orgânica . Tal processo teria atuado diageneticamente (diagênese precoce), transformando os sulfetos (marcassita e/ou pirita) em sulfetos, originando concreções de barita ou em pequenos "geodos" ou em cristais euhedrais de até 2 cm, presentes na argila.

A existência de águas sulfatadas é creditada também pela ocorrência de concreções esféricas de barita em lamitos.

O Membro Médio da Formação Caçapava é a unidade mais importante como produtora de areia. É necessário que se faça um mapeamento das fácies para o estabelecimento de áreas prioritárias para a extração de areia, ou seja, localizar áreas onde predominam as fácies de canal (arenitos) em relação às fácies de leques aluviais (lamitos). Também é importante a análise do conteúdo em areia dos diferentes lamitos que ocorrem nesta unidade.

Preliminarmente, podemos diferenciar áreas com predominância de lamitos (proximidades da falha do Parateí) e áreas com predominância de fácies de canal (área do Porto Itaquarema).

Considerando as intercalações de lamitos e ainda as argilas presentes como matriz dos arenitos, torna-se obrigatório um estudo sobre a utilização desse material como subproduto de extração de areia. Para isto, é imprescindível um estudo de dimensionamento dos tanques de decantação dentro de um projeto mais racional para a lavra de areia e argila.

Como recursos potenciais desta unidade, podemos citar as ocorrências argilas montmorilonítica e carbonatos de terras raras (Nd-lantanita).

2.3.1.3 - Formação Caçapava - Membro Superior

O Membro Superior da Formação Caçapava é constituído por bancos de arenitos de granulação fina a média com estratificação plano-paralela ou maciça, e raros leitos conglomeráticos, associados a camadas argilosas. A litologia, as estruturas sedimentares e o comportamento espacial das camadas (lenticularidade) levam a traçar deposição em canal e em rompimento de diques marginais ("crevasse splays") para as areias e em planícies ou pequenos meandros abandonados para as argilas nitidamente depositadas por decantação (sem clásticos grosseiros e com estratificação plano-para-

lela). Tais fácies sedimentares devem estar associadas a deposição fluvial meandrante.

Os sedimentos apresentam cores esverdeadas e as cores avermelhadas são nitidamente secundárias, ligadas à alteração por processos de variação do nível freático.

Esta unidade tem importância secundária para extração de areia visto que os níveis arenosos são lenticulares e comparecem em proporções iguais aos níveis argilosos.

2.3.2 - Bloco do Jaguari

A Formação Caçapava aflorante no Bloco do Jaguari, ao norte da área de estudo, é constituída por arenitos e argilitos, sendo indivisa até o presente momento. Apresenta fácies de canal e transbordamento, indicando ambiente fluvial meandrante, litologia semelhante ao do Membro Superior da Formação Caçapava e à Formação São Paulo.

2.4 - Unidade Santa Isabel

Unidade Santa Isabel é a denominação informal utilizada neste trabalho para as manchas de sedimentos que afloram na rodovia que liga Via Dutra a Santa Isabel e ao longo dos vales dos afluentes da margem direita do Rio Jaguari.

Trata-se de sedimentos terciário/quaternários, isto é, posteriores à deposição da Formação Caçapava e anteriores ao atual modelado geomorfológico com depósitos de várzeas atuais.

Os sedimentos encontram-se distribuídos em pequenas manchas na porção central do Bloco Santa Isabel, entre as falhas de Boquira e Santa Luzia. Acompanham os traçados dos vales atuais (afluentes da margem direita do Rio Jaguari), aflorando nas encostas a 690 - 735 metros de altitude e são atribuidos a colúvios e várzeas suspensas pré-reenta

lhamento da drenagem atual.

Possuem espessuras de poucos metros, e são constituídos de conglomerados basais com espessura de 0,5 a 1,0 m, presentes em algumas manchas, com seixos de quartzito e quartzo com diâmetro de até 30-40 cm, lamitos arenosos de 1,0 a 1,5 m de espessura com seixos angulosos, principalmente de feldspatos e raros de quartzo, com matriz de argila provavelmente caulinítica; segue a presença de nível de argila orgânica ("turfa") com espessuras variáveis de 0,5 a 1,5 m, lamitos arenosos semelhantes aos anteriores com espessuras de 1,0 a 1,5 m que passa a um solo com espessura de alguns metros.

Os depósitos são irregulares e preenchem antigas calhas do embasamento, ora constituído por augen gnaisse ora por migmatitos heterogêneos tipo estromatítico.

Estes depósitos, no momento, devido à pequena expressão areal, podem apresentar interesse apenas localizado para extração de argila em pequenas olarias para fabricação de tijolos.

Nos mapas geológicos da EMPLASA (1:100.000) e do IPT (1:500.000) tais depósitos são mapeados como correlatos aos sedimentos das Formações Caçapava e São Paulo. Esta unidade sedimentar é nitidamente mais jovem e sua ocorrência está restrita ao longo dos vales dos afluentes da margem direita do Rio Jaguari, não aflorando no topo dos espigões divisores conforme apresentado no mapa da EMPLASA.

2.5 - Terraços do Rio Parateí

Tais depósitos foram estudados anteriormente por Titarelli (1975).

Situam-se a poucos metros acima do nível atual do Rio Parateí e apresentam espessura em torno de 1,0 m. São constituídos por seixos predominantemente de quartzo

e quartzito e podem ser observados em pequenas manchas como por exemplo próximo ao Pedágio da Vila Dutra.

Devido à pequena espessura, limitada distribuição em área e natureza conglomerática, tais depósitos não apresentam importância econômica.

2.6 - Paleovale do Parateí

Paleovale do Parateí é a denominação informal utilizada neste relatório para os sedimentos que se situam sob a várzea atual do Rio Parateí na região estudada.

São sedimentos quaternários, constituídos de areias esbranquiçadas inconsolidadas, granulação fina a média, com raros leitos conglomeráticos contendo seixos centimétricos de quartzo e feldspatos.

Situam-se abaixo da várzea atual do Rio Parateí, apresentando espessuras em torno de 10m. Destaca-se a abundância de troncos vegetais com vários metros de comprimento, sem evidências de processos de incarbonização. As areias da Unidade Parateí são recobertas por uma camada argilosa de $\pm$ 1 m que corresponde à deposição na várzea atual.

Tais sedimentos encontram-se em vales entalhados e alojam-se diretamente sobre rochas do embasamento cristalino. Estes depósitos foram descritos e datados por Titarelli (1975) que obteve idades na faixa de alguns séculos e Coltrinari (Informação verbal, 1984), que obteve idades de 7.000 e 2.000 anos. Ainda que as datações geocronológicas obtidas por estes autores pelo método carbono 14 possam ser discutidas, é inquestionável a idade quaternária destes depósitos, independente de sua datação precisa.

As areias do Paleovale Parateí apresentam estratificações cruzadas de pequeno a médio porte tangenciais e acanaladas associadas a estruturas gradacionais.

Acredita-se que a gênese destes depósitos esteja

ligada à deposição por preenchimento de canal em alveolos associados a soleiras ao longo do vale do Rio Parateí.

Estas areias, de coloração branca, granulação fina a média e baixa porcentagem de óxido de ferro, possuem expressão areal limitada a porções ao longo do Vale do Parateí e apresentam problemas de extração devido à abundância de troncos vegetais que dificultam os trabalhos de desmonte e dragagem.

2.7 - Várzeas atuais

As várzeas atuais são constituídas por alguns metros de argila caulinítica, em parte orgânica, e têm sido lavradas para fabricação de tijolos e telhas em pequenas olarias situadas ao longo do Vale do Parateí.

Parecem estar em princípio de exaustão de tais depósitos argilosos, pois algumas olarias já trabalham com matéria prima trazida de Jacareí.

3 - EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR

A maioria dos autores têm admitido uma origem tectônica para as bacias de São Paulo e Taubaté, entretanto, a grande dúvida diz respeito ao fato de terem sido ligadas ou não. Autores como Leinz e Carvalho (1957) admitiram o embasamento da Bacia de São Paulo como mergulhando para NE, levando a hipótese de interligação entre as duas bacias. Ab'Saber (1957) sugeriu a independência entre as bacias, embora acreditando que sua evolução tenha sido sincrônica. Hasui et alii (1976), e Hasui e Carneiro (1980) advogam que a paleodrenagem geradora da bacia não era muito diferente da drenagem atual pois as maiores espessuras de sedimentos encontram-se sob as várzeas dos atuais rios Tietê e Pinheiros. Esses autores discordam de Leinz e Carvalho (1957), acreditando numa direção E-W para a paleodrenagem da Bacia de São Paulo e independência em relação à Bacia de Taubaté.

Durante os trabalhos de reconhecimento de campo, foi possível observar que, na área soleira divisora das bacias, no Bairro do Pinheirinho, em Itaquaquecetuba, o contato da Formação Caçapava/embasamento é nitidamente tectônico, evidenciando uma feição tectônica pós-bacia, o que porém não elimina a possibilidade de também ter esta área sido um alto divisor na época deposicional das bacias.

Acreditando-se numa idade eocênica para a Formação Itaquaquecetuba, que teria preenchido os paleovales basais da bacia de São Paulo, e supondo fazerem parte dela as denominadas areias basais de autores anteriores, é enfraquecido o argumento da independência entre as bacias,que considera o desenvolvimento da Bacia como sendo posterior à Bacia de Taubaté. Então, a Formação Itaquaquecetuba seria correlacionável ou mesmo equivalente ao aqui denominado Membro Inferior da Formação Caçapava, depositado também em paleovales basais das porções terminais da Bacia de Taubaté. A independência não é totalmente descartada, pois pode ter havido evolução sincrônica, com litologias semelhantes, em bacias próximas e independentes.

Dentro desta linha de pensamento, a Formação São Paulo seria correspondente aos Membros Médio e Superior da Formação Caçapava. Cabe salientar que em portos de areia da região de Guarulhos/Cumbica (Várzea do Rio Baquirivu Guaçu) estão expostos, na cava para extração de areia, arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada associados a lamitos arenosos litologicamente semelhantes ao Membro Médio da Formação Caçapava. Vale salientar que na base da escavação, segundo informações verbais do proprietário do porto de areia, foram encontrados troncos vegetais silicificados semelhantes aos encontrados na Formação Itaquaquecetuba e Membros Inferior e Médio da Formação Caçapava.

Para a área em questão, acredita-se que a escavação e preenchimento dos paleovales tenha-se dado no Eoceno sob condições climáticas provavelmente semi-áridas em regi

me de sedimentação em sistema fluvial anastomosado (Membro Inferior da Formação Caçapava). Por soerguimento tectônico das áreas marginais, provavelmente até a Falha do Parateí, criou-se um rejuvenescimento da bacia com grande desnivelamento entre as áreas fontes e o sítio deposicional onde, sob condições climáticas ainda semi-áridas (atestadas pela presença de caliche), propiciou a formação de espessos leques aluviais constituídos de lamitos arenosos e conglomeráticos sob regime fluvial anastomosado (Membro da Formação Caçapava) já no Oligoceno/Mioceno (datação palinológica do linhito do Porto Itaquarema, conforme informação verbal do Murilo Rodolfo de Lima, 1984). Segundo esta informação, a palinologia evidencia condições climáticas secas e frias em confronto com a hipótese de clima quente e seco, atestado pela presença de caliche. Acredita-se que, com o soerguimento das bordas da bacia nesta época, criaram-se grandes desníveis topográficos que teriam propiciado condições climáticas mais frias nas bordas topograficamente mais altas em conformidade com condições climáticas mais quentes nos baixos sujeitos ao entulhamento sedimentar onde a vegetação se restringia às matas galerias. Tudo se processando sob condições de clima seco.

Em prosseguimento à história deposicional da bacia sob condições de atenuação dos desníveis topográficos entre as áreas fontes e o sítio deposicional, em rejuvenescimento tectônico, ter-se-ia processado a deposição do Membro Superior da Formação Caçapava sob condições de mais baixa energia em rios meandriformes em final de entulhamento da bacia talvez no Mioceno, sob condições climáticas ainda não conhecidas.

Posterior à deposição da Formação Caçapava, talvez no fim do Terciário ou mesmo já no Quaternário, ocorreria a reativação das falhas NE-SW (Falha do Parateí, Boquira e Monteiro Lobato) seccionando os sedimentos e, por movimentação diferencial dos blocos associados a movimentos

rotacionais, haveria a deposição da unidade sedimentar denominada informalmente Santa Isabel.

Com nova reativação destas falhas talvez no início do Quaternário, agora associado à falhas de direção NW-SE que cortam a Falha do Parateí, tem-se a deposição dos terraços do Parateí. E por fim, sotopostas à camada argilosa correspondente às várzeas atuais do Rio Parateí, encontram-se em vales entalhadas, os sedimentos arenosos do Paleovale do Parateí.

4 - PROBLEMAS EM ABERTO

Citando Leinz (1980) ainda temos para a Bacia de São Paulo as seguintes questões:

1) Determinação da idade tanto das camadas inferiores (terciárias) como superiores (quaternárias).
2) A discriminação dos movimentos tectônicos como pré,sin e pós sedimentação e sua distinção dos movimentos de acomodação.
3) Levantamento topográfico do substrato cristalino da bacia e seu estado de conservação.
4) Paleogeografia da bacia na época do seu preenchimento (Microfósseis).

Além de estender estas questões para a Bacia de Taubaté, levantamos ainda a necessidade de mapeamento geológico em escala mais adequada (pelo menos de 1:50.000) para que também sejam resolvidas as seguintes questões:

1) Caracterização faciológica dos sedimentos das áreas da Bacia de São Paulo e Taubaté e coberturas mais jovens.
2) Comportamento espacial das fácies e sua associação dentro do contexto evolutivo tectono-sedimentar da região.

3) Correlação entre as Bacias de Taubaté e São Paulo.

4) Idade e posicionamento estratigráfico da base da Formação Itaquaquecetuba e sua extensão em área e controle tectônico sin e pós sedimentar.

5) Datação absoluta dos eventos tectônicos e sedimentares (com palinologia) que afetaram a região.

6) Comportamento da Soleira de Barueri e "Soleira" divisora das Bacias de Taubaté e São Paulo.

7) Caracterização textural e mineralógica dos sedimentos e de suas potencialidades como recursos minerais.

Apenas com estas questões resolvidas é que poderão ser dimensionados os depósitos em termos de potencialidade para areia para construção civil, o que, associado a outros fatores como maior ou menor dificuldade de extração, produção, custos, transportes, métodos de lavra e recuperação de áreas degradadas e uso e ocupação do solo levarão ao conhecimento necessário para traçar as diretrizes para a mineração de areia para construção civil na Região Metropolitana de São Paulo.

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DOS DEPÓSITOS CENOZÓICOS DA ÁREA DE ESTUDO

Idade	Unidade	Ambiente deposicional
Quaternário	Várzeas atuais	Planície de inundação de rios meandriformes
	Paleovale do Parateí	Depósitos de preenchimento de canal
	Terraços do Parateí	Terraços fluviais
Terciário/ Quaternário	Unidade Santa Isabel	Colúvios e várzeas suspensas
	Formação Caçapava - Membro Superior	Depósitos fluviais de sistema meandrante argiloso
Oligoceno/ Mioceno (?)	Formação Caçapava - Membro Médio	Leques aluviais em clima semi-árido associados a sistema fluvial anastomosado
Eoceno (?)	Formação Caçapava - Membro Inferior	Depósitos de preenchimento de paleovales por sistema fluvial anastomosado em clima provavelmente semi-árido.

BIBLIOGRAFIA

- CARNEIRO,C.D.R.; HASUI,Y.; GIANCURSI,F.D. - 1976 - Estrutura da Bacia de Taubaté na região de São José dos Campos. Anais do... XXIX Congresso Bras. Geol., Ouro Preto, MG. 4:247-256.

- CARNEIRO,C.D.R. - 1977 - Evolução geológica da região de São José dos Campos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1º, São Paulo, SBG. Núcleo São Paulo, p.91-111.

- COIMBRA,A.M.; RICCOMINI,C.; MELO,M.S. - 1983 - A Formação Itaquaquecetuba: evidências de tectonismo no Quaternário paulista. Atas IV Simp. Reg. Geol., São Paulo, SP (no prelo).

- COUTINHO,J.M.V. - 1978 - Petrologia do Pré-Cambriano em São Paulo e arredores. São Paulo 174p. Tese de Cátedra apres. Fac. Fil. Ciências e Letras da USP (inédito).

- COUTINHO,J.M.V. - 1971a - O Pré-Cambriano no Sul da cidade de São Paulo. XXV Congr. Bras. Geol., São Paulo. (2):53-62 Roteiro das Excursões.

- COUTINHO,J.M.V. - 1971b - Geologia da faixa de Guarulhos, Arujá (SP) Anais Acad. Bras. Ci.; Rio de Janeiro, 43(3/4):836-837.

- COUTINHO,J.M.V. - 1972 - Petrologia do Pré-Cambriano de São Paulo e arredores. São Paulo. Boletim do IGUSP, 3:5-100, agosto de 1972.

- COUTINHO,J.M.V. - 1980 - Relações litológicas e estruturais entre a Bacia de São Paulo e o pré-cambriano circunvizinho. In: MESA REDONDA SOBRE ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO. São Paulo. ABGE/SBG p. 15-23. Publicação Especial.

- LEINZ,V.; CARVALHO,A.M.V. - 1957 - Contribuição à geologia da Bacia de São Paulo. Bol. Fac. Fil. Ci. Let.,

São Paulo/USP. (205):1-61 (Geologia, 15).

- LEINZ,V. - 1980 - Histórico resumido das pesquisas geológicas da Formação São Paulo. In: MESA REDONDA SOBRE ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO, São Paulo. 1980. ABGE/SBG p.1-4. Publicação Especial.

- MELO,M.S.; PONÇANO,W.L. - 1983 - Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozóicos no Estado de São Paulo. São Paulo, DMGA (IPT, Relatório 16.869).

- MELO,M.S. de, - 1984 - Geologie du Bassin de Resende et Contribution A L'Evolution du Systeme de Rift du SE du Bresil. Un. D'Aix - Marseille I e II, Report du D.E.A., Laboratoire de Geol. du Quaternaire, CNRS, Luminy. 60p. il. (inédito)

- ALMEIDA,F.F.M. de et alii - Tectônica da Formação Itaquaquecetuba na Grande São Paulo IPT. (Trabalho submetido ao XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, no prelo).

- SUGUIO,K. - 1969 - Contribuição à geologia da Bacia de Taubaté, Vale do Paraíba, Estado de São Paulo. Fac. Fil. Ci. Letras - USP, 106p. Tese de doutoramento (inédito).

- SUGUIO,K.; TAKAHASHI,L.I. - 1970 - Estudo dos aluviões antigos dos Rios Pinheiros e Tietê, São Paulo. S.P. An. Acad. Bras. Ciên. 42(3):555-570.

- SUGUIO,K. et alii - 1971 - Novos dados sedimentológicos dos aluviões antigos do Rio Pinheiros, SP, e seus significados na interpretação do ambiente deposicional. Anais do... XXV Congr. Bras. Geol., São Paulo, V.2, p:219-225.

- SUGUIO,K. - 1971 - Estudo dos troncos de árvores "linhitificados" dos aluviões antigos do Rio Pinheiros (São Paulo), significado geocronológico e possivelmente pa

leoclimático. Anais do...XXV Cong. Bras. Geol., v.1, p. 63-65.

- SUGUIO,K.; MUSSA,D. - 1978 - Madeiras fósseis dos aluviões antigos do Rio Tietê (São Paulo) Boletim IGUSP 9:25-45.

- TITARELLI,A.H.V. - 1975 - O Vale do Parateí: estudo geomorfológico. São Paulo. Inst. de Geografia da USP, 186p. (Série Teses e Monografias, 13).

- VESPUCCI,J.B.O. - 1984 - Sistemas deposicionais e evolução tectono-sedimentr da Bacia de Taubaté,S.P. Tese de Mestrado apresentada ao IGUSP (inédito).

- HASUI,Y.; PONÇANO,W.L. - 1978 - Organização Estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. Anais do... XXX Congr. Bras. Geol., Recife, PE. 1:368-381.